

Oscar Stormbom

# Inverkan av sakernas internet (IoT) på flödesekonomin (SCM)

Pro gradu-avhandling i informationssystem

Handledare: prof. Anssi Öörni

Fakulteten för samhällsvetenskaper och  
ekonomi

Åbo Akademi

Åbo 2019

# ÅBO AKADEMI – FAKULTETEN FÖR SAMHÄLLSVETENSKAPER OCH EKONOMI

Abstrakt för avhandling pro gradu

Ämne: Informationssystem
Författare: Oscar Stormbom
Arbetets titel: Inverkan av sakernas internet (IoT) på flödesekonomin (SCM)
Handledare: Anssi Öörni
<p>Abstrakt:</p> <p><i>Internet of Things</i> (IoT) kan definieras som en sammankoppling av kontextmedvetna sensorer och enheter som kan utföra självständiga uträkningar och handlingar. Ett nätverk av dessa sensorer och enheter skapar ett autonomt system som kan interagera och analysera omgivningen, utan mänskligt ingripande. Det sägs att tekniken kommer påverka i princip alla globala branscher, men speciellt logistikbranschen och distributionskedjan.</p> <p>Syftet med denna avhandling är att undersöka hur stor inverkan IoT har på flödesekonomin för företag inom logistikbranschen, och vilka möjligheter tekniken skapar för att utveckla och effektivisera den. Detta har gjorts med hjälp av en systematisk litteraturöversikt och innehållsanalys med totalt 65 tekniska och praktiska artiklar som skrivits mellan åren 2009 och 2019.</p> <p>I avhandlingens resultatdel konstateras att IoT-tekniker redan tillämpas i dagens läge, trots de höga kostnaderna. Tekniken är också mycket beroende av utvecklingen av stödjande tekniker inom nätverk och datalagring. Det är dock värt att markera att IoT-tekniker som används i dagens läge främst sträcker sig till RFID-taggar och sensorer på lastpallar. Tillämpningen på denna nivå kan inte tveklöst påstås vara fördelaktig för alla parter; litteraturen är tvetydig: tekniken kan automatisera upprepande arbetsuppgifter och förbättra informationsflödet men företagen lider av brist på ROI. Problemet är parterna inom distributionskedjan har olika behov som inte går att</p>

tillfredsställa på en gång. För att förbättra de ekonomiska fördelarna behandlas virtuella distributionskedjor med värdeskapande är i fokus.

IoT har en betydande roll i Industri 4.0, och utvecklingen jämte genomförbarheten av tekniken kan i och med lanseringen av 5G-tekniken lyftas till en högre nivå med bättre effektivitet. Det behövs dock mer forskning inom ämnet för att tekniken ska tillämpas på en global skala i flödesekonomins alla faser, speciellt empiriska fallstudier om praktiska implementeringar.

Nyckelord: IoT, SCM, RFID, WSN, virtuell distributionskedja, värdecentrerad distributionskedja, sakernas internet, flödesekonomi, distributionskedja

Datum: 24.4.2019

Sidoantal: 80

Abstraktet godkänt som mognadsprov:

# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING.....	1
1.1	Syfte och avgränsning.....	2
1.2	Metod.....	2
2	DEFINITION (TEKNISKA RESULTAT).....	5
2.1	Informationssystem.....	5
2.1.1	Olika typer av informationssystem .....	6
2.1.1.1	<i>Transaction Processing Systems</i> .....	7
2.1.1.2	<i>Management Information Systems</i> .....	7
2.1.1.3	<i>Enterprise Resource Planning System</i> .....	8
2.1.1.4	<i>Customer Relationship Management System</i> .....	9
2.1.1.5	<i>Supply Chain Management System</i> .....	9
2.1.2	Electronic Data Interchange .....	11
2.2	Sakernas internet .....	11
2.2.1	Uppkoppling och kommunikation .....	13
2.2.1.1	<i>Radio Frequency Identification (RFID)</i> .....	13
2.2.1.2	<i>Trådlöst sensornätverk</i> .....	15
2.2.1.3	<i>Integrering av trådlösa sensornätverk och RFID-system</i> .....	18
2.2.1.4	<i>Nätverksuppkoppling</i> .....	19
2.2.2	Industriell IoT.....	21
2.2.2.1	<i>IIoT-tekniker</i> .....	22
2.3	Big Data.....	24
2.4	Cloud computing .....	26
2.4.1	Cloud computing och IoT .....	28
2.5	Fog- och edge computing .....	30
3	IOT OCH FLÖDESEKONOMI (PRAKTISKA RESULTAT).....	33
3.1	Leverans- och lagerhantering med RFID-teknik.....	33
3.1.1	Empirisk undersökning av RFID-teknologianvändning .....	38
3.2	IoT inom distributionskedjan för livsmedel .....	45
3.2.1	Från RFID till IoT .....	48
3.2.1.1	<i>Värdecentrerad distributionskedja</i> .....	48
3.2.1.2	<i>Sensorportfölj och informationsfusion</i> .....	51
3.3	Praktiska fallstudier av IoT-implementering.....	53
3.3.1	Från RFID till IoT – implementering av prototypsystem .....	53
3.3.1.1	<i>Resultat</i> .....	54
3.3.2	Logistikhantering i tillverkande företag.....	56
3.3.2.1	<i>Utmaningar och problem</i> .....	57

3.3.2.2	<i>Resultat</i> .....	58
4	DISKUSSION.....	60
5	SLUTSATS.....	63
	KÄLLFÖRTECKNING.....	64

# FÖRTECKNING ÖVER FIGURER

Figur 1 Artikelfördelning .....	3
Figur 2 Enkel distributionskedja (Källa: Bill Vorhies 2015) .....	10
Figur 3 Utvecklingen av genererade data (Cisco, 2018) .....	12
Figur 4 RFID-taggar (Barcodes Inc 2016) .....	14
Figur 5 RFID-taggar och streckkod på en produkt .....	14
Figur 6 RFID-taggar och mottagande antenn (Barcodes Inc, 2016) .....	14
Figur 7 Trådlöst sensornätverk (Asok & Sivalingan 2010, 282) .....	16
Figur 8 Sensornod och RFID-taggar på en lastpall (Vieco 2013) .....	18
Figur 9 IIoT-tekniker (Daugherty, Banerjee, Negm & Alter 2015, 11) .....	23
Figur 10 Big Data (Hashem m.fl. 2015, 100) .....	24
Figur 11 Molntjänst och IoT (Compass 2018) .....	29
Figur 12 Fog- och edge computing (Moxa, 2017) .....	30
Figur 13 Praktiskt exempel på RFID-teknik i lager (Compsee 2016) .....	36
Figur 14 Taggar på pallarna och inventarier (Chen, Chen & Hsu 2014, 6151) .....	57

## FÖRTECKNING ÖVER TABELLER

Tabell 1 Data, information och kunskap .....	5
Tabell 2 Skillnader mellan RFID och trådlöst sensornätverk (Liu m.fl. 2010, 326) .	17
Tabell 3 Fog computing utvidgar molnet (Cisco 2015, 4).....	32
Tabell 4 Fördelar med RFID-teknik (Jessica Säilä, 2013).....	35
Tabell 5 Utmaningar vid implementering av RFID-teknik (Attaran 2012, 145) .....	37
Tabell 6 Transformerande effekter på operativa processer (Visich m.fl. 2009, 1300) .....	38
Tabell 7 Informativa effekter på operativa processer (Visich m.fl. 2009, 1300).....	39
Tabell 8 Automatiserande effekter på operativa processer (Visich m.fl. 2009, 1299) .....	43
Tabell 9 Informativa effekter på administrativa processer (Visich m.fl. 2009, 1302)	45
Tabell 10 IoT-lösningar inom livsmedelsindustrin .....	47

# 1 INLEDNING

Det har skrivits mycket om sakernas internet, eller *Internet of Things* (IoT), under den senaste tiden och ämnet toppar också för tillfället Gartners hajpkurva för utvecklande teknologier (Gartner, 2018). Det sägs att IoT mer eller mindre kommer att påverka nästan alla globala branscher med dess nästan oändliga applikationsmöjligheter. Speciellt företag inom logistikbranschen kan uppnå både operativa och ekonomiska fördelar av tekniken i hela distributionskedjan (Newman, 2018).

Spårnummer och streckkoder har redan länge använts för att hantera och spåra varor i distributionskedjan. Med hjälp av IoT kan dessa ersättas av mer ändamålsenliga enheter och sensorer. Dessa kan spåra varorna hela vägen från fabriken till affären, och alla ställen där emellan. Sensorerna kan dessutom tillhandahålla data för t.ex. produktens temperatur, leveranstider samt var och hur länge varan har lagrats. Med mer exakta data kan företagen optimera sina liksom leverantörernas produktions- och leveranstider, eller t.ex. utföra kvalitetskontroll (Newman, 2018). Företagen kan också uppnå konkurrensfördelar genom att vara några steg före sina konkurrenter, när det gäller implementering och användning av IoT-teknik.

IoT kan ge mer exakta och relevanta data för prognoser och inventarier genom till exempel smarta sensorer i företagens lager och produkter. Alla data som samlas in kan tillämpas för att analysera trender och optimera produktionen. Med hjälp av smarta sensorer i tillverkningen kan IoT också hjälpa till att förutsäga maskinunderhåll, vilket minimerar mycket dyr nedtid (Newman, 2018). Genom att samla och analysera data kan företagen också få insikt i sina kunders shoppingvanor och trender. Med personligare marknadsföring kan företagen etablera stramare kontakter med kunder och eventuellt öka försäljningen. Utöver detta kan företagen också skapa nya konkurrensfördelar genom att öppna upp distributionskedjan. När företaget erbjuder kunderna information om produktens tillverkningssätt och tillverkningsförhållande samt distributionskedjans olika faser kan de skapa ett rykte om medvetenhet och hållbar utveckling och därmed förstärka sitt varumärke.

Målet med denna avhandling är att undersöka hur mycket IoT egentligen påverkar distributionskedjan, och vilka fördelar tekniken kan generera för företags flödesekonomi, eller *Supply Chain Management* (SCM).



## 1.1 Syfte och avgränsning

Syftet med studien är att undersöka hur stark inverkan IoT har på distributionskedjan och hur tekniken kan utveckla och förbättra flödesekonomin i olika företag inom logistikbranschen.

Forskningsfrågorna är:

- Kan IoT-tekniken utveckla och effektivisera flödesekonomin?
- Vilka möjligheter skapar IoT för flödesekonomin?
- Är tekniken redan i bruk idag?

Avhandlingen är avgränsad till litteraturanals och går inte på djupet in på tekniska aspekter. Övriga tekniker som tas upp i denna avhandling är tekniker med nära gränssnitt till IoT, såsom *Edge-* och *Fog computing*, *Cloud computing* och *Big Data*. De senaste framstegen inom IoT relaterade *Blockchain*-tekniker uteblir. *Radio Frequency Identification* (RFID) betraktas tillhöra IoT-begreppet som ett kommu i denna avhandling.

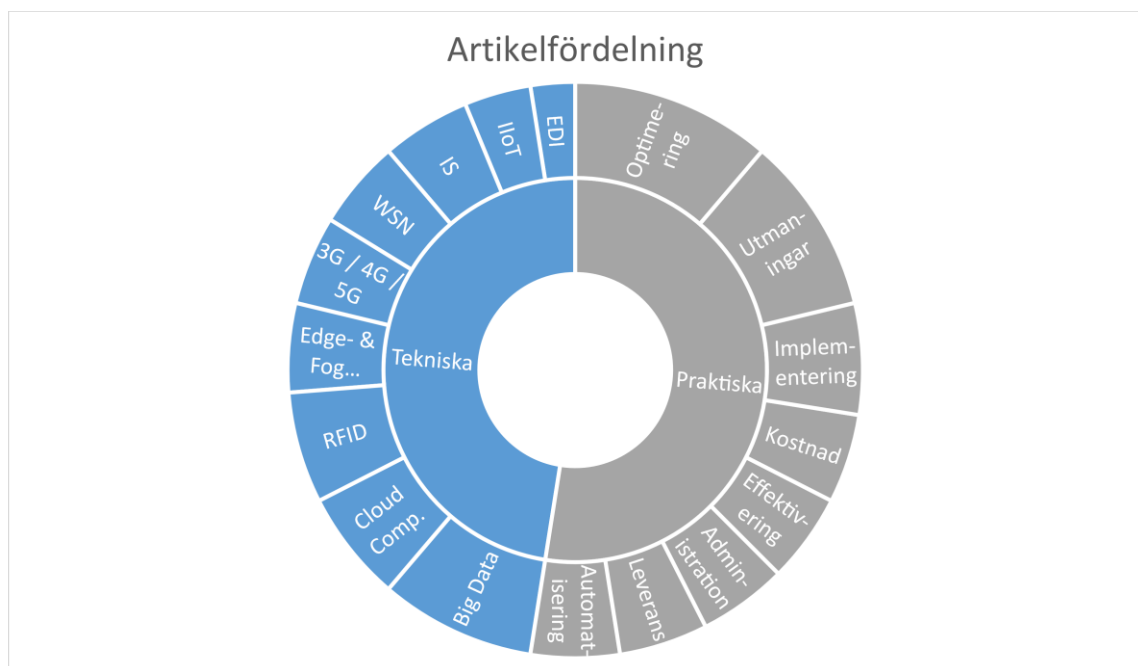
## 1.2 Metod

Det akademiska intresset för IoT har på senare tid genererat mycket litteratur. Google Scholar hittar med sökordet "IoT" allt som allt 825 000 artiklar och fr.o.m. år 2009, då Cisco IBSG (2011, 3) estimerar att IoT som det känns till i dag, har fötts, 139 000 artiklar. Under året 2018 har 67 800 artiklar lagts till och 9 430 artiklar är från år 2019 (den 2.3.2019). Med sökorden "IoT, SCM" inom tidsramen hittades 4 510 artiklar. 2 260 artiklar hittades med sökorden "IoT, SCM, RFID" medan 279 000 artiklar med endast "RFID" som sökord.

För att säkerställa en så omfattande analys av existerande litteratur som möjligt, har en systematisk litteraturöversikt över mest relevant litteratur för IoT inom flödesekonomi utförts. Urvalet sållades efter rubrik och abstrakt och artiklarna valdes med hjälp av Websters och Watsons (2002, xvi) konceptcentrerade tillvägagångssätt där artiklarnas kvalitet analyseras och utvärderas genom att granska citat och citerande litteratur både

bakåt och framåt, utgående från utvald artikel. Sökningar framåt innehöll m.a.o. artiklar som citerade den ursprungliga artikeln, medan sökningar bakåt innehöll artiklar den ursprungliga använde. Totalt valdes 65 artiklar för analysen.

För att identifiera nödvändiga tekniska artiklar och aspekter för IoT utfördes även en innehållsanalys av de utvalda artiklarna. Artiklarna delades in, enligt innehåll, i tekniska och praktiska. Tekniska artiklar behandlar endast tekniska aspekter relevanta för IoT, medan de praktiska artiklarna blandar tekniken med praktiska tillämpningar genom t.ex. fallstudier. Fördelningen visas i figur 1, som också beskriver vad artiklarna handlar om. Figuren visar att artiklarna fördelar sig tämligen jämt mellan tekniska och praktiska. De tekniska artiklarna behandlas i kapitel 2 och de praktiska i kapitel 3.



Figur 1 Artikelfördelning

De praktiska artiklarna innehåller oftast både tekniska och praktiska aspekter och uppdelades enligt artikelns huvudsakliga innehåll. Artiklar som behandlar hur IoT allmänt kan optimera företagets dagliga uppgifter har skilts åt från automatisering, som tar upp hur IoT direkt kan automatisera en uppgift. Effektivisering tar upp artiklar där IoT kan minska på företagets kostnader och administration artiklar där IoT förbättrar informationsflödet i företagen. Utmaningar och kostnader av IoT tas upp

som skilda aspekter och implementering och leverans behandlar fallstudier och förbättringar som direkt berör transporten av produkter, t.ex. förbättring av kylkedjor.

## 2 DEFINITION (TEKNISKA RESULTAT)

I detta kapitel definieras och förklaras väsentliga begrepp och termer för IoT.

### 2.1 Informationssystem

Ett informationssystem kan betraktas som ett komplext system för att samla, behandla, lagra och distribuera data och information i en organisation. Målet är att förbättra kommunikationen mellan enheter inom organisationen och att göra arbetet lättare, men på samma gång effektivare genom förminskad redundans och dubbla inmatningar av data (Piccoli 2012, 27). Till systemets viktigaste uppgifter hör att effektivt tillhandahålla rätt information åt rätt person inom rätt tid, i rätt mängd och i rätt format. Ett informationssystem förvandlar med andra ord lagrade data till användbar information, vilket i sin tur leder till kunskap; en av grundstenarna i en framgångsrik organisation (Rainer, Turban & Potter 2007, 5). I tabell 1 är data, information och kunskap definierade.

<b>Data</b>	Obehandlad information utan mening som skapas genom observation eller mening. Data lagras för att vid ett senare tillfälle vara tillgänglig för organisering och användning som information (Hislop 2005, 15).
<b>Information</b>	Data som organiserats på ett meningsfullt sätt (Hislop 2005, 15). Informationen utgör mening eller värde för användaren efter att hen tolkat innebörden och dragit en slutsats (Rainer m.fl. 2007, 5).
<b>Kunskap</b>	En vidareutveckling av data och information i form av någon sorts analys eller annan produktiv åtgärd som kan användas för problemlösning inom organisationen (Hislop, 2005, 15; Rainer m.fl. 2007, 5). Kunskap kan delas i tre former: vad, hur (kan upprepa) och varför (förstå syftet med gärningen). Kunskap kan också delas i två områden: explicit kunskap som kan läras ut, skrivas ned och skickas till andra, t.ex. en manual, medan tyst kunskap inte kan läras ut, t.ex. erfarenhet (Piccoli 2012, 88).

Tabell 1 Data, information och kunskap

Samspelet mellan människan och tekniken i en organisation definieras som ett sociotekniskt system. I det sociotekniska systemet lever de sociala aspekterna av människorna och samhället samt de tekniska aspekterna av organisationsstrukturen och processerna i harmoni med varandra och bildar tillsammans en helhet (Piccoli 2012, 28). I ett fungerande informationssystem arbetar de fyra viktigaste komponenterna tillsammans: it, människor, processer och struktur. Dessa kan också delas in i underkategorier: tekniska (it, processer) och sociala (människor, struktur) (Piccoli 2012, 29). Vid implementering av ett nytt informationssystem är det viktigt att beakta den tillgängliga infrastrukturen samt dess möjligheter och brister. Om infrastrukturen är bristfällig eller gammal måste den förnyas innan det nya informationssystemet tas i bruk (Piccoli 2012, 29). Till infrastrukturen hör komponenterna, utrustningen och personalen som underhåller it-tjänsterna (Rainer m.fl. 2007, 6). I tabell 2 definieras de fyra viktigaste komponenterna i ett informationssystem: it, processer, människor och struktur.

### **2.1.1 Olika typer av informationssystem**

Förut var det mycket vanligt att man utvecklade olika, individuella informationssystem för olika funktioner i organisationen (marknadsföring, finansiering, HR-arbete mm.). Dessa system fungerade inte på samma sätt och kommunicerade inte med varandra, vilket orsakade att organisationen inte fungerade på mest effektiva sätt. Detta löstes senare genom att endast använda ett och samma system över hela organisationen (Rainer m.fl. 2007, 246-247).

*Transaction Processing Systems* är det mest grundläggande systemet i organisationen och används bl.a. till datainsamlingen. *Management Information Systems* förser mellanchefer med information angående organisationens funktionella skikt medan *Enterprise Resource Planning System* och *Customer Relationship Management System* stöder hela organisationen. De allra största informationssystemen är system som binder samman två eller flera organisationer: *Supply Chain Management Systems* (Rainer m.fl. 2007, 243-255).

### 2.1.1.1 Transaction Processing Systems

*Transaction Processing Systems* (TPS) tar hand om all datainmatning, -överföring, -bearbetning och -lagring i organisationen (t.ex. nya produkter, sålda tjänster, rekrytering eller läsning av streckkoder). Miljontals transaktioner sker dagligen i organisationerna och varje inmatning eller ändring i data lagras i organisationens databas vilket betyder att TPS systemen effektivt måste klara av stora mängder inmatningar på samma gång. Systemet ligger under hård press men måste ändå alltid försöka undvika fel och får aldrig tappa bort data. I dag försöker organisationer automatisera datainmatningen i TPS-system så mycket som möjligt för att undvika mänskliga misstag. Moderna *Online Transaction Processing* (OLTP) -system behandlar förändring och inmatning automatiskt i real tid, medan äldre system ofta först placerar informationen i grupper och behandlar den periodiskt (t.ex. varje natt) (Rainer m.fl. 2007, 243-244).

### 2.1.1.2 Management Information Systems

*Management Information Systems* (MIS) hämtar informationen både från organisationens databas och externa databaser för att stöda mellanchefernas arbete när de planerar, organiserar och styr verksamheten i organisationens funktionella skikt. Dessa hjälpmedel kan t.ex. vara rapporter och analyser av den dagliga försäljningen, månatliga utgifter eller listor över löntagarna. MIS genererar också rapporter som lagras i organisationens databas, vilka senare kan användas som beslutsstöd för ledningen. Dessa rapporter genereras främst som rutinarbete, på begäran eller vid något undantag i systemet. (Rainer m.fl. 2007, 245).

Till rutinmässigt genererade rapporter hör rapporter som genereras vid ett visst, på förhand valt tillfälle, såsom t.ex. kvalitetskontroller en gång i timmen eller månatliga frånvarorapporter. Rutinmässigt genererade rapporter är extremt viktiga för ledningen i organisationen, medan specialinformation (som inte nödvändigtvis ingår i rutinrapporterna) måste rapporteras på begäran. Dessa rapporter kan behövas t.ex. för mer noggrann eller specifik information, då något ska jämföras eller då rapporten ska visa ett visst tidsintervall (Rainer m.fl. 2007, 245). För att rapporter ska kunna genereras vid ett undantag behövs standarder och system som övervakar prestandan

eller mäter utförande på något annat sätt (t.ex. via TPS) och sedan jämför denna information med tidigare. Om systemet märker något undantag, meddelar det automatiskt detta till ledningen i form av en rapport (Rainer m.fl. 2007, 246).

### **2.1.1.3 Enterprise Resource Planning System**

*Enterprise Resource Planning* (ERP)-system, som även kan kallas affärssystem, utvecklades för att undvika informationssilon och redundans i organisationen. Redundans uppstod då de individuellt, till olika uppgifter utvecklade informationssystemen inte kommunicerade med varandra. Detta resulterade i att informationen inte nådde till de andra enheterna i organisationen och det i sin tur resulterade i att alla enheter lagrade samma eller liknande information om samma kunder i skilda databaser. Med ett ERP-system kunde organisationen ersätta alla andra informationssystem som tidigare använts (Rainer m.fl. 2007, 247).

ERP-systemens viktigaste egenskap är att distribuera informationen till alla enheter inom organisationen, dvs. när informationen uppdateras eller modifieras i en enhet, kommer denna uppdatering automatiskt att ske i alla andra enheter inom organisationen (Rainer m.fl. 2007, 248). ERP-systemen förbättrade på detta sätt också kontrollen över affärsprocesserna eftersom informationen som förut bara varit tillgänglig inom en enhet nu var tillgänglig i realtid för alla enheter i organisationen. ERP-systemen är uppbyggda av moduler och en gemensam databas, som används genom ett gemensamt gränssnitt (Rainer m.fl. 2007, 249).

Trots att ERP-system medför flera fördelar har de också nackdelar. Systemen är mycket komplexa, dyra och tidskrävande att utveckla och implementera, eftersom de måste skräddarsys efter organisationens behov. En del organisationer har utvecklat egna ERP-system, men det är betydligt vanligare (och billigare) att köpa ett kommersiellt system. Leverantörerna vill oftast att organisationer köper hela paketet fastän behovet bara är för några moduler för att de då kan erbjuda bättre underhåll, snabbare implementering och lägre kostnader. Detta kan orsaka problem i implementeringsskedet och organisationen kanske t.o.m. måste ändra på sina affärsprocesser för att de ska passa in i systemets fördefinierade moduler. Problemen

kan vara så stora och oöverstigliga för företaget att det väljer att inte alls implementera ERP-systemet (Rainer m.fl. 2007, 250).

#### ***2.1.1.4 Customer Relationship Management System***

*Customer Relationship Management* (CRM)-system används för att skapa och upprätthålla kundrelationer inom organisationen. Tidigare hade flera enheter inom samma organisation egna databaser fulla med information om kunderna, men denna information kunde inte användas av andra enheter eftersom systemen inte kommunicerade med varandra. Detta resulterade i redundans av samma kundinformation, men också i att specialkunskap inte delades inom hela organisationen. CRM-systemen utvecklades med detta i åtanke, eftersom man ville använda sig av endast en databas dit alla hade tillgång. CRM-systemets viktigaste uppgift är att hjälpa organisationen att bygga en långvarig relation med sina nyckelkunder, genom att alltid ha uppdaterad information tillhanda för kundservicen eller försäljarna (Rainer m.fl. 2007, 253).

CRM-systemet hjälper organisationen att hålla dessa relationer goda, vilket garanterar att organisationen kan maximera sin inkomst av varje kund. Det kan vara betydligt dyrare att skaffa nya kunder än att hålla kvar gamla, så det lönar sig för företaget att hålla goda relationer till sina existerande kunder. (Rainer m.fl. 2007, 251). CRM-systemen sträcker sig längre än bara till försäljningen och marknadsföringen. För att åstadkomma lojala kunder och goda relationer bör företagen förhandla individuellt med sina kunder. Företagen måste alltid klara av att modifiera sina produkter och tjänster för att tillfredsställa kundens behov och kan också uppmuntra kunder att ta ställning till och delta redan i utvecklingsskedet av nya produkter och tjänster (Rainer m.fl. 2007, 252).

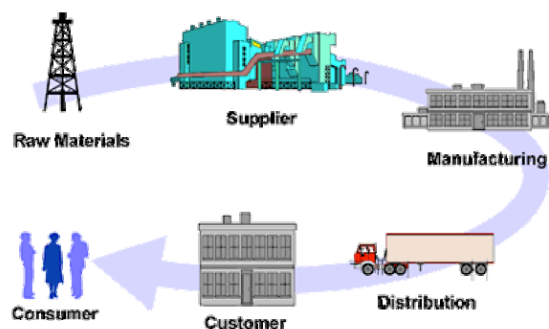
#### ***2.1.1.5 Supply Chain Management System***

*Supply Chain Management* (SCM)-system hjälper organisationen att fylla kundernas önskemål så smidigt som möjligt genom att planera, organisera och optimera de olika stegen i distributionskedjan. Till dessa steg hör bl.a. tillverkning, marknadsföring, försäljning, logistik och slutkunden. Ju smidigare denna kedja fungerar, desto



lönsammare och konkurrenskraftigare är organisationen tack vare förminskad osäkerhet och risk genom lägre lagernivåer, bättre affärsprocesser och kundservice. SCM-system fungerar inte bara inom en organisation, utan till samma system kan det höra flera olika organisationer i olika skeden av distributionskedjan. System som innefattar flera organisationer kallas interorganisatoriska informationssystem. Fördelar med att koppla samman olika organisationers informationssystem kan vara bl.a. lägre kostnader, förbättrat informationsflöde och förkortad tidsåtgång (Rainer m.fl. 2007, 255).

Globala informationssystem kopplar samman organisationer eller enheter i olika länder för att effektivera kommunikationen och samarbetet, trots hinder såsom långa avstånd, kulturella skillnader, tid och språk. Dessa organisationer litar mycket på den tekniska delen av systemet (Rainer m.fl. 2007, 255). Daugherty, Sabath och Rogers har undersökt relationen mellan informationsflödet inom organisationen och responsen från kunderna. De menar att ju mer organisationen delar information och kommunicerar med sina affärspartner inom distributionskedjan, desto högre integration och genmäle har organisationen i fråga (enligt Closs, D., Goldsby, T. & Clinton 1997, 6). Gustin, Stank och Daugherty är av samma åsikt och menar att globala informationssystem tillsammans med fritt flöde av information mellan dessa är absolut nödvändiga för att skapa högre integration i organisationen (enligt Closs, D., Goldsby, T. & Clinton 1997, 7). Integration reducerar drastiskt dubbla aktiviteter och redundans, vilket minskar de direkta kostnaderna och risk för felinmatningar (Piccoli 2007, 102).



Figur 2 Enkel distributionskedja (Källa: Bill Vorhies 2015)

### 2.1.2 Electronic Data Interchange

*Electronic Data Interchange* (EDI) används för elektroniska affärer mellan företag. Denna teknik kan leda till stora besparingar och förbättringar i företagens affärsverksamhet. Tekniken tillåter affärssystem att elektroniskt, utan mänsklig inblandning, utbyta information inom t.ex. order-, lager-, fakturerings-, och ekonomisystem. EDI använder ett standardiserat format, antingen Edifact eller XML, vilket gör att de olika systemen förstår varandra oavsett datormiljö. EDI baseras på automatisk informationsdelning mellan regelbundet återkommande organisationers system utan manuella registreringar eller mellansteg. Detta innebär att ny information omedelbart kan användas och bearbetas vidare (Fredholm 2002, 133-135).

Med hjälp av EDI kan användningen av pappersdokument minimeras eftersom dokumenten inte längre behöver skrivas ut för att sedan föras eller skickas till samarbetspartners eller myndigheter. Automatisk överföring av information minskar också på onödigt arbete och inmatningsfel eftersom data bara matas in en gång. EDI kan förändra hela organisationens verksamhet med dess förmåga att automatiskt byta ut information mellan informationssystem. Tack vare de standardiserade EDI-meddelanden förstår olika system, oavsett datortyp, operativsystem och programvaruleverantör varandra och informationen kan omedelbart och automatiskt bearbetas (Fredholm 2002, 138).

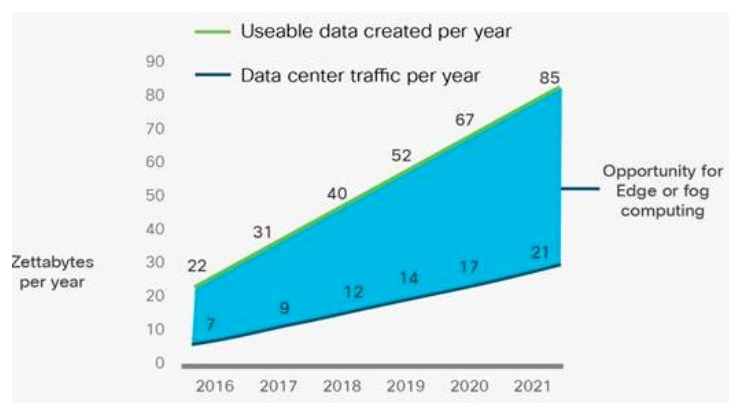
## 2.2 Sakernas internet

Sakernas internet, på engelska *Internet of Things*, eller IoT, är ett paraplybegrepp som täcker flera olika tekniker, standarder och användningsområden. Fastän det inte finns någon unik definition av termen, kan IoT i praktiken definieras som en sammankoppling av sensorer och enheter. Över ett gemensamt ramverk kan dessa dela information mellan olika plattformar för att möjliggöra utveckling och användning av innovativa applikationer (Gubbi, Buyya, Marusic & Palaniswami 2013, 1647). Dessa sensorer och apparater är alltså i någon form kopplade till nätverk, och informationssystemen de hör till är osynligt inbäddade i den omgivande miljön. För att uppnå smarta, autonoma och kontextmedvetna uträkningar ansluter IoT inte bara

t.ex. smarta telefoner, utan också vardagliga föremål, för att tekniken ska försvinna ur användarens medvetande. Detta ställer dock krav som förståelse för användarens situation och apparatur, programvara och nätverk samt analysverktyg för autonomt och smart beteende (Gubbi m.fl. 2013, 1645-1646).

IoT-begreppet introducerades redan år 1999, men definitionen har förändrats i takt med utvecklingen och blivit mer omfattande under det senaste decenniet. Fastän definitionen av saker förändrats, är det främsta målet detsamma: att låta ett autonomt system känna av och analysera information, utan mänskligt ingripande, för att kunna interagera med omgivningen. IoT använder sig av redan befintliga internetstandarder för informationsöverföring, kommunikation och analys via enheter med trådlösa tekniker såsom *Radio Frequency Identification* (RFID), trådlösa nätverk och 4G (Gubbi m.fl. 2013, 1646). Gartner uppskattar att uppkopplade enheter kommer att stiga från 8,4 miljarder år 2017 till över 20 miljarder enheter år 2020 (van der Meulen 2017). Enligt IDC kommer investeringarna att stiga med 13,6 % årligen från ca 800 miljarder USD år 2017 till 1,2 biljoner år 2022. Endast tillverknings- och transportindustrin uppskattas investera mer än 150 miljarder USD under år 2022 (Torchia & Shirer 2018).

Alla dessa uppkopplade enheter genererar enorma mängder data som sömlöst och effektivt måste lagras, analyseras och presenteras i läsbar form. Det amerikanska nätverks- och kommunikationsbolaget Cisco uppskattar att datamängden som de uppkopplade enheterna genererar kommer att stiga från 220 zettabyte (ZB) år 2016 till 850 ZB år 2021 (1 ZB =  $10^{21}$  bytes). Fastän alla data inte är användbara och behöver sparas, uppskattar Cisco att 10 % av den totala mängden är relevant. Molntjänster med integrerade övervaknings- och lagringsenheter, analysverktyg och



Figur 3 Utvecklingen av genererade data (Cisco, 2018)

visualiseringsplattformar samt användargränssnitt kunde erbjuda en virtuell infrastruktur för bearbetning av data (Gubbi m.fl. 2013, 1645). Enligt Cisco kommer

dock endast 2,6 ZB att rymmas i globala datacenter och 5,9 ZB på personliga enheter som PC och smarttelefoner. Cisco spår också att trafik som datacenter årligen kan ta emot år 2021 (21 ZB) överskridits fyrfaldigt. Det traditionella molnet, alltså datacenter, eller nätverket som möjliggör molntjänsterna, utsätts för en rejäl belastning och hinner bokstavligen inte med. Cisco föreslår att problemet ska tacklas med t.ex. *fog-* och *edge computing*, dvs. på enhetsnivå där som datagenereringen sker (Cisco Global Cloud Index, 2018). Kapitlet 2.5 *Fog- och edge computing* tar upp utmaningar och eventuella lösningar för nätverksstruktur i IoT-implementeringar, och kapitel 2.4 behandlar *Cloud computing* både allmänt och från ett IoT-perspektiv.

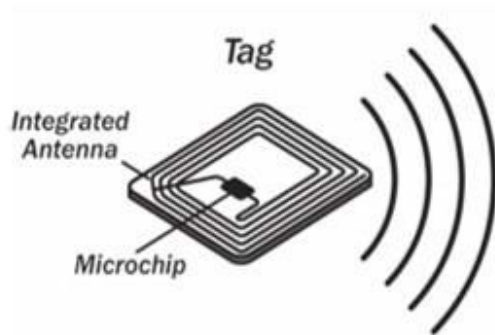
## 2.2.1 Uppkoppling och kommunikation

*Internet of Things* kan ses som en global infrastruktur som möjliggör ett nätverk av uppkopplade fysiska enheter och kommunikation i realtid mellan dessa och människor. IoT kan ge en unik identitet och koppla upp nästan varje objekt i världen och dessutom få dem att kommunicera på ett intelligent sätt. Sensorer och enheter som implementeras i fysiska objekt är uppkopplade till internet genom både trådbundna och trådlösa nätverk och tekniker. IoT är uppbyggt av tre lager: första lagret känner av och samlar data (sensorer), andra lagret består av tekniker för att transportera data (nätverk), och det sista lagret tillämpar data för användning bl.a. i trafiken, industrin och i logistik (Madakam, Ramaswamy & Tripathi 2015, 165-169). Här näst behandlas de vanligaste sensorerna som samlar och genererar data samt nätverksuppkopplingen för transporter av data.

### 2.2.1.1 Radio Frequency Identification (RFID)

Initialt inspirerades IoT av *Radio Frequency Identification* (RFID)-samfundet som önskade erhålla information av ett objekt över internet eller en databas med RFID- eller *Near Field Communication* (NFC)-teknik. RFID-tekniken, tillsammans med NFC och streckkoden för att identifiera objekten, är en av grundstenarna av IoT (Madakam m.fl. 2015, 169). RFID är en trådlös teknik för identifiering av produkter. RFID-läsaren identifierar produkterna via radiosignaler till skillnad från dess företrädare, streckkoden, som kräver att den är synlig för avläsaren. RFID-läsaren kan identifiera flera taggar samtidigt över långa avstånd fastän produkterna är i rörelse och

kan förbättra affärsprocesserna och affärsmodellerna i företaget genom att koppla ihop olika organisationer inom distributionskedjan, vilket leder till effektiviserad och optimerad lager- samt informationshantering (Wang, Wang & Pang 2009, 140).

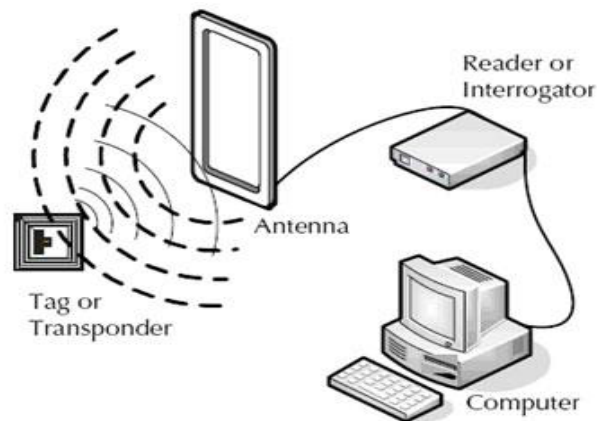


Figur 4 RFID-tag (Barcodes Inc 2016)



Figur 5 RFID-tag och streckkod på en produkt

RFID-taggen innehåller celler, mikrochips och antenner som kommunicerar via radiosignaler med basstationen. Basstationen skickar hela tiden ut signaler via en antenn, och när taggen kommer inom räckvidd genereras tillräcklig elektromagnetisk



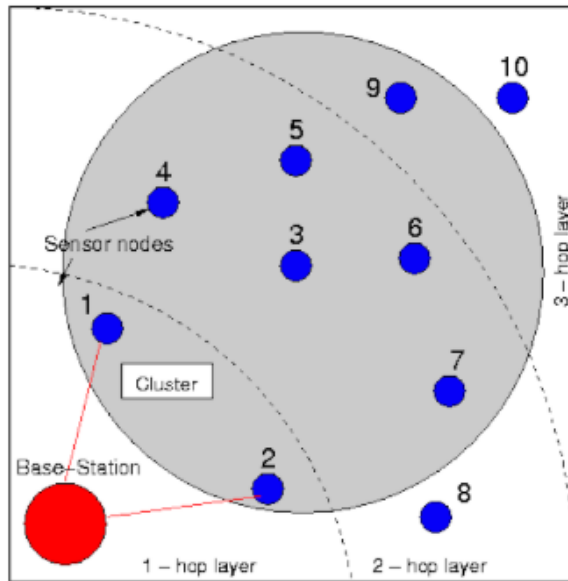
Figur 6 RFID-tag och mottagande antenn (Barcodes Inc, 2016)

induktion i taggen för överföring av informationen (t.ex. serienummer, färg, storlek, tillverkningsdata, pris etc.) till avläsaren. Aktiva taggar har betydligt längre räckvidd än passiva, eftersom dessa har en egen inbyggd strömkälla. RFID-teknikens viktigaste egenskaper är dess trådlösa informationsdelning i realtid samt att produkterna identifieras och hanteras automatiskt. Detta resulterar i förbättrad kommunikation och effektiviserat informationsflöde vilket tillfredsställer den ökade efterfrågan av högklassig information och snabbare bearbetningshastighet (Wang m.fl. 2005, 140).

RFID-tekniken har tidigare lidit av sekretessproblem. RFID-taggar och avläsare är tillverkade för bästa möjliga prestanda och detta kan försumma konsumentens integritet. I värsta fall kan spårningen av produkten fortsätta efter att konsumenten köpt produkten. Organisationer för mänskliga rättigheter har därför yttrat sin oro över tekniken. Praktiska exempel finns redan i dag: klädesmärket Benetton övergav sina planer för implementering av RFID-teknik efter ett hot om bojkott mot märket när allmänheten fick veta om RFID-taggar i plaggen. Det största bekymret för allmänheten var otillräcklig information om hur taggar kan stängas av efter att produkten köpts (Michael & McCathie 2005, 628). Införandet och utvecklingen av standarder (speciellt ISO/IEC 18000 och ISO/IEC 29167) har i dag dock avlägsnat dessa problem genom att införa kryptering och autentisering för förbättrad integritet vid olika användningsfrekvenser (ISO 2016). Se fullständig lista över utmaningar vid implementering av RFID-teknik i tabell 5.

#### 2.2.1.2 Trådlöst sensornätverk

Trådlöst sensornätverk, *Wireless Sensor Network* (WSN), är ett nätverk av sensorer som tillsammans med RFID-system tillhandahåller pålitlig information om t.ex. en varas position, rörelse, temperatur etc. (Botta, de Donato, Persico & Pescapé 2016, 686). Olika typer av sensorer, såsom seismiska, magnetiska, termiska, visuella, infraröda, akustiska och radar, mäter t.ex. temperatur, tryck, fuktighet, rörelse och ljudnivå. Till sensorernas uppgifter kan höra att t.ex. kontinuerligt känna av och identifiera miljön eller händelser omkring dem (Asok & Sivalingan 2010, 283). Nätverket består oftast av ett stort antal sensorer som kommunicerar via radiovågor med basstationer, vilka sedan kan skicka informationen vidare via datanätverket till t.ex. molntjänster för analys och bearbetning. Eftersom sensorerna är batteridrivna är deras räckvidd inte särskilt lång. Sensorerna använder sig därför av en multihoppteknologi som möjliggör kommunikation och vidarebefordran av data mellan sensorerna, om mottagaren är utanför sensorns räckvidd (se figur 7) (Liu m.fl. 2010, 320).



Figur 7 Trådlöst sensornätverk (Asok & Sivalingan 2010, 282)

Trots sensornätverkets multihoppteknologi finns det flera problemområden i anslutning till sensorernas kommunikation och resurser. Sensorerna är oftast små batteridrivna enheter med begränsade bearbetnings-, lagrings- och strömresurser vilket kan resultera i kort kommunikationsräckvidd och hög latens, dvs. tiden för ett datapaket att nå mottagaren (Asok & Sivalingan 2010, 282; Botta m.fl. 2016, 868). Latens och störningar kan vara avgörande eftersom data oftast behövs inom en begränsad tid för att effektivt användas. Dessa vanliga problem med trådlös kommunikationsteknik växer i takt med att storleken på data och nätverket ökar (Indu 2014, 682; Asok & Sivalingan 2010, 283). Sensorernas energiförbrukning måste också beaktas vid implementering av sensornätverk och val av protokoll. Sensorernas energilivstid varierar från några månader till ett år om inte energiskördande teknik, som kan samla in energi från t.ex. radiovågorna eller kinetisk rörelse, används (Asok & Sivalingan 2010, 283; Indu 2014, 681). Att utveckla energisnåla men samtidigt effektiva nätverksprotokoll med dataöverföring i realtid för stora sensornätverk är fortfarande en utmaning (Asok & Sivalingan 2010, 283).

Sensornätverkets teknologi skiljer sig från RFID-system genom implementering och användningssätt. RFID-system består av enskilda, på förhand fästa RFID-taggar som kommunicerar direkt med basstationen och oftast används för att spåra objekten som taggen är fäst vid. Sensornätverkets sensorer kan, till skillnad från RFID-taggar, lätt

omprogrammeras och används till bl.a. att självständigt övervaka objekt eller för att känna av miljön runt omkring dem (Asok & Sivalingan 2010, 283). Sensorerna i nätverket kan implementeras både slumpmässigt eller vid uttänkta platser medan RFID-systemen oftast är fixerade för att minimera störningar (Liu m.fl. 2010, 326). Sensornätverkets multihopptechnologi som för data mellan noderna till basstationen används inte i RFID-system, vilket oftast resulterar i fler basstationer (Liu m.fl. 2010, 320). I och med att sensorerna samarbetar med varandra kan nätverket bli väldigt stort med färre basstationer. Andra fördelar med multihopptechniken är självkonfiguration, minskad redundans samt högre tolerans och kvalitet (Asok & Sivalingan 2010, 283). Medan RFID-tekniken är mycket standardiserad både när det gäller format och kommunikationsprotokoll, lånar trådlösa sensornätverket redan existerande standarder som utvecklats främst för andra tekniker. Trådlösa sensornätverk använder sig av protokoll och standarder såsom Zigbee och Wi-Fi, men även självutvecklade lösningar och andra standarder används (Liu m.fl. 2010, 325-326).

	<i>Trådlöst sensornätverk</i>	<i>RFID-system</i>
<b>Syfte</b>	Känna av miljö och objekt	Identifiera, positionera objekt
<b>Komponenter</b>	Noder, basstationer	Taggar, basstationer
<b>Protokoll</b>	Zigbee, Wi-Fi	RFID radiovågor
<b>Kommunikation</b>	Multihopp	Singelhopp
<b>Mobilitet</b>	Noderna oftast statiska	Taggarna flyttas med objektet
<b>Programmerbarhet</b>	Programmerbar	Oftast stängda system
<b>Pris</b>	Medelpris	Basstation – dyr, tagg – billig
<b>Implementering</b>	Slumpmässig eller fast	Fast

Tabell 2 Skillnader mellan RFID och trådlöst sensornätverk (Liu m.fl. 2010, 326)

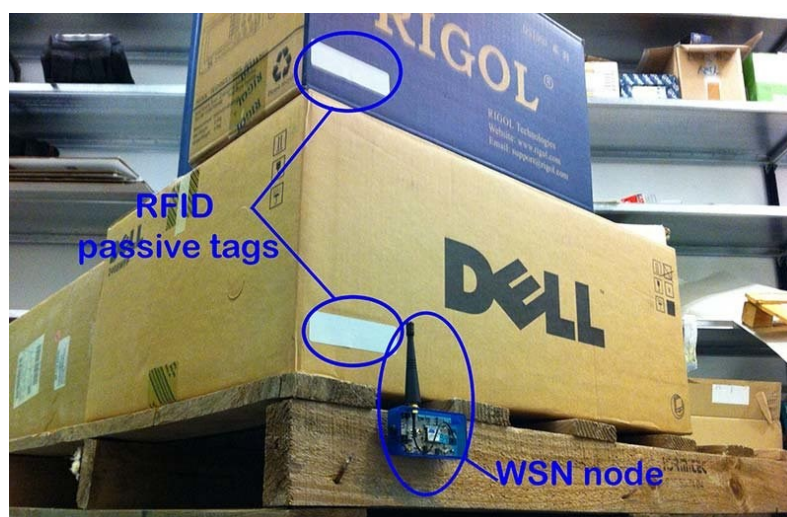
Fastän dessa två teknologier är rätt olika och representerar komplementära tekniker, kan det finnas fördelar med att använda dem tillsammans. Sensornätverket kan utveckla



RFID-systemet t.ex. genom att lägga till avkännings- och spårningsfunktioner till RFID-taggar och taggade objekt (Liu m.fl. 2010, 320). I aktiva RFID-taggar har dessa två teknologier nästan konvergerats genom protokoll och ID-nummer från RFID-tekniken och sensorer från sensornätverken (Liu m.fl. 2010, 327).

### 2.2.1.3 Integrering av trådlösa sensornätverk och RFID-system

RFID-system och trådlösa sensornätverk har utvecklats för olika ändamål, men tillsammans kan de komplettera varandras tekniker och därigenom öppna för nya möjligheter. RFID-systemens främsta uppgift är att upptäcka närvaron, positionera och spåra på förhand taggade objekt, medan sensorer självständigt kan identifiera och positionera objekt samt känna av miljön omkring dem. Att integrera dessa tekniker och kombinera deras egenskaper kan användas i scenarion där (1) RFID används för att identifiering och spårning medan sensorerna används för att ge information om objektet, miljön omkring det eller (2) dess position. Sensorerna kan också arbeta tillsammans med RFID-systemet för att (3) identifiera objektet för förbättrad säkerhet genom att låta objektets RFID-tagga avläsas först när sensorn identifierat det. RFID-systemet kan också (4) förstärka sensorernas estimering om ett objekts position när det kommer inom räckhåll för avläsaren (Liu m.fl. 2010, 325-326). På bilden nedan (figur 8) används en sensornod för att kommunicera med produkterna på lastpallen som är fästa med RFID-taggar. Noden skickar data från RFID-taggar till basstationen via



Figur 8 Sensornod och RFID-taggar på en lastpall (Vieco 2013)

andra noder emellan dem. Basstationen för informationen vidare via datanätverket till t.ex. användaren av ett ERP-system.

Sensorer och RFID-taggar kan kombineras på olika sätt, men den vanligaste lösningen är att sensorn integreras i taggen för att kunna känna av omgivningen eller objektet. Sådana RFID-taggar använder fortfarande samma protokoll och kommunikationstekniker som vanliga taggar eftersom integrationen av denna typ bara ger RFID-systemet färdigheten att observera omgivningen. Taggarna kan vara passiva, semipassiva eller aktiva och de integrerade sensorerna kan användas t.ex. för åtkomstkontroll eller för att observera temperatur när basstationen ber om det eller självständigt för att både avläsas senare och aktivt meddela basstationen. Taggar som endast integrerats med sensorer har dock begränsade kommunikationsegenskaper eftersom de fortfarande använder sig av RFID-standards. Högklassiga taggar som integreras med både sensornoder och trådlösa kommunikationskomponenter är inte begränsade till singelhoppkommunikation med basstationen, utan kan också kommunicera med andra trådlösa enheter och även andra taggar via multihopp-tekniken. Dessa taggar kan vara kompatibla med traditionella RFID-standards eller andra kommunikationsprotokoll och kommunikationsstandards såsom P2P (peer-to-peer) och Wi-Fi. Med hjälp av Wi-Fi-standarderna kan taggens data i princip avläsas med vilken trådlös enhet som helst (t.ex. smarttelefon). Taggarna används främst för tillgångshantering och övervakning och kan t.ex. aktivera larm eller vidta åtgärder för att få situationen under kontroll (Liu m.fl. 2010, 327-334).

#### **2.2.1.4 Nätverksuppkoppling**

Nätverkslagrets främsta mål är att konvertera och transportera data från sensorerna och taggarna till användningsområdet, t.ex. en molntjänst, via internet. IoT använder sig av flera olika kommunikationstekniker som grundar sig på TCP/IP-arkitektur för internetuppkoppling, såsom LAN (Local Area Network), WLAN (Wireless Local Area Network) och mobila nätverk (2G/3G/4G/5G) (Madakam m.fl. 2015, 165; Chen, Jia & Li 2011, 611; Shulz, Matthé, Klessig, Simsek, Fettweis, Ansari, Ashraf, Almeroth, Voigt, Riedel, Puschmann, Mitschele-Thiel, Müller, Elste & Windisch 2017, 70). Detta kapitel handlar främst om telekommunikationsstandardernas

nuvarande, 4G, och framtida, 5G, generationer, eftersom LAN och WLAN oftast underhålls och begränsas av företagets it-avdelning.

Uppskattningar om över 20 miljarder uppkopplade enheter år 2020 sätter press på den befintliga kommunikationsinfrastrukturen att klara av de enorma datamängderna och utvecklas kontinuerligt. Huvudversionen av internetprotokollet (IPv4) kommer definitivt inte att klara av alla de IP-identifierbara IoT-objekten eftersom de unika IP-adresserna är begränsade till ca 4,3 miljarder. Efterföljaren till IPv4, IPv6, löser dock problemet med nästan 340,3 sextiljoner ( $3,4 \cdot 10^{38}$ ) unika IP-adresser men skapar samtidigt ett nytt problem: latens. Så många enheter skapar massvis med datatrafik och behöver snabbare bandbredd för att inte leda till fördröjningar i dataöverföringen. IoT-enheterna är dessutom oftast trådlösa, vilket sätter extra press på det nuvarande mobila nätverkets kommunikationshastigheter och hur tätt enheterna kan placeras; 4G, har en hastighet på 2-1000 Mb/s och enhetstäthet på ca 2000 enheter per km<sup>2</sup> (Mahmoud, Yousuf, Aloul & Zualkernan 2015, 341; IDG 2019). Den kommande 5G-tekniken förväntas vara t.o.m. 100 gånger snabbare, med hastigheter upp till 10 Gb/s och en enhetstäthet på 1 miljon per km<sup>2</sup>, vilket förväntas räcka för att hantera trafiken från alla IoT-enheter (Ijaz, Zhang, Grau, Mohamed, Vural, Quddus, Imran, Foh & Tafazolli 2016, 3322; IDG 2019).

Det har lagts stora förväntningar på den femte generationens mobilnätverk: utmaningarna och användningsområdena är mycket omfattande. Fallstudier gjorda av 5G-forskarkollektivet *Next Generation Mobile Networks (NGMN)* har delat in användningsområdena i fyra huvudscenarier: bitpipe-kommunikation, IoT, taktilt internet (Tactile Internet) och WRAN-nätverk (Wireless Regional Area Network). Dessa kommunikationsscenariers omfattning varierar t.ex. från ultrasnabb överföring av extremt stora datamängder till smarta sensorer med låga datamängder i hemmen samt från fordon-till-fordon-kommunikation med minimal latens till kommunikation mellan mindre latenskritiska vardagliga apparater. 5G kommer alltså att möjliggöra, utöver 100 gånger högre hastigheter, även t.o.m. 1000 gånger högre datavolymer, 100 gånger mer anslutna enheter och 10 gånger lägre energiförbrukning samt latens under millisekunds-nivån (Ijaz m.fl. 2016, 3322-3323).

Speciellt den låga energiförbrukningen och latensen samt den höga enhetstätheten och *reliabiliteten*, som 5G åstadkommer, gynnar IoT-tekniken. Vanliga användningsfall går ofta ut på att automatisera latenskritiska uppgifter med stora mängder trådlösa sensorer där pålitliga data är extremt viktiga. Det kan vara frågan om realtidskontroll av maskiner och system i tillverkande fabriker, eller övervakning och analysering av olika mätningar inom t.ex. ett kraftverk. I sådana situationer kan det finnas tiotusentals sensorer inom samma fabrikshall eller byggnad och upp till 3 enheter per kvadratmeter med tolerabel latens från 250  $\mu$ s till 100 ms (Schulz 2017, 70-71). Tillsammans med utvecklingen av autonoma bilar och smarta vägar skapas också utmaningar för maskin-till-maskin-kommunikationen i trafiken. För att förbättra säkerheten varnar bilarna om kollisioner eller farliga situationer för varandra och vägverket. Genom att t.ex. stadens trafikljus kan regleras efter trafiksituationen kan rusning och olyckor undvikas. Kommunikationssystemet måste samtidigt ha tillräckligt lång räckvidd (t.o.m. 500 m) och kort latens (under 50 ms), tillsammans med hög tillförlitlighet. *Smarta elnät* tolererar latens bättre än de autonoma bilarna, men behöver däremot en räckvidd på upp till flera kilometer (Schulz m.fl. 2017, 71).

### 2.2.2 Industriell IoT

IoT, dess uppkopplade sensorer och genererade data kan användas i diverse sammanhang och branscher. Då objekt kan känna av miljön och kommunicera med varandra, för de med sig möjligheten till nya innovationer och förbättringar t.ex. för konsumenten, affärsverksamheten, hälso- och sjukvårdsväsendet samt hela samhället och miljön (Gubbi m.fl. 2013, 1658). Industriell IoT (IIoT) är dock det största tillämpningsområdet eftersom den har en stor och viktig del av Industri 4.0, dvs. den fjärde industriella revolutionen. I detta sammanhang har IIoT möjliggjort föreningen av maskininlärning, stora datamängder (eng. Big Data), maskin-till-maskin-kommunikation och automationstekniker för att skapa intelligenta maskiner. Idén bakom är att smarta maskiner är betydligt bättre och snabbare än människor att skapa och analysera data, vilket gör det möjligt för företagen att bearbeta ineffektivitet och problem snabbare, som i sin tur sparar tid och pengar. Speciellt i tillverkande företag kan IIoT ha stora fördelar bl.a. i kvalitetskontroll, hållbar och grön utveckling och under distributionskedjans olika faser. För industriföretag hjälper IIoT med t.ex. att

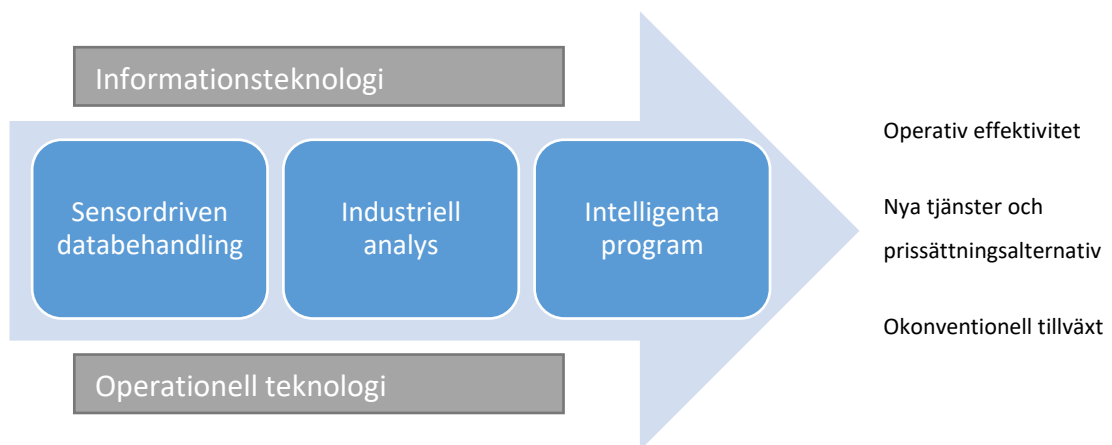
förutse underhåll, effektiverad service på fältet samt energi- och tillgångshantering (Rouse, 2018).

Enligt Daugherty, Banerjee, Negm och Alter (2015, 4) kan IIoT medföra t.o.m. en ökning på 30 % i tillverkande företags produktivitet genom automation och mer flexibla tillverknings tekniker. Med hjälp av sensorer, analyser och realtidsdata kan företag lättare förutse problem och åtgärda kritiska situationer snabbare. Daugherty m.fl. (2015, 4) menar att förutsett underhåll av tillgångar kan minska med upp till 12 % av inplanerade reparationer, 30 % av reparationskostnaderna och eliminera t.o.m. 70 % av tillgångarnas sammanbrott. Nyttan av att använda IIoT-teknik att förbättra underhåll och reparation är oundviklig, men IIoT erbjuder också stora potentiella möjligheter för alldeles nya innovationer och produkter. Tillverkande företag kan skapa värde för sina kunder på okonventionella sätt och generera inkomstkällor genom nya digitala produkter och tjänster. Detta öppnar också industrin för helt nya deltagare, som tidigare varit utanför den traditionella branschen. Tillsammans med branschens digitalisering kan företag som tvekar eller inte hinner med i utveckling snabbt bli utmanövrade av konkurrenter och nykomlingar. För att lyckas med digitaliseringen och IIoT-tekniken måste de redan existerande företagen kanske formulera nya affärsmodeller, strategier eller t.o.m. tänka om hela kärnverksamheten för att introducera intelligens i processerna och produkterna. Företagen måste revidera och justera tillverknings sätt och tillverkningsfaciliteter samt produkt design och arbetskraft från ett informationstekniskt perspektiv, för att skydda sig mot snabbt utvecklande startupföretag och nya aktörer på marknaden (Daugherty, Banerjee, Negm & Alter 2015, 5).

#### **2.2.2.1 IIoT-tekniker**

För att utnyttja IIoT på effektivaste sätt behövs nya innovativa sätt att utveckla, tillverka och leverera differentierade produkter och tjänster. Dessa sätt involverar tekniker såsom sensordriven databehandling, industriell analys samt program för de intelligenta maskiner med vilka företagen får tillgång till tidigare otillgängliga data och därmed nya inkomstmöjligheter genom att förena informationsteknik och operationell teknik med hjälp av IIoT. Användning och analysering av olika sensorers

data kan ge företagen insikter om produkten eller tillverkningsprocessen. Sensorerna kan t.ex. mäta temperatur, tryck, spänning, rörelse etc., och data kan användas t.ex. till att förutse händelser såsom problem eller sammanbrott, till att förutse hur produkten används eller proaktivt planera underhåll. Det finns oändligt med användningsområden och i och med att priserna på sensorerna sjunker, fastän sensorn minskar i storlek och tekniken blir effektivare, kommer implementeringarna bara att stiga. År 2007 kostade en accelerometer 3 USD, i dag endast 54 cent och år 2020 kommer komponentkostnaderna vara så små att sensorer blir standardutrustning. Genom att förena sensorerna, data och analyserna med skräddarsydda program kan tillverkare inkludera intelligens i sina vanliga mekaniska maskiner. Dessa program kan t.ex. hålla reda på hur maskinen eller produkten används och anpassa sig för bästa effektivitet eller erbjuda användaren personlig service. Dessa program och teknikens framsteg gör det också lättare att integrera nya enheter och program av tredje parter i en existerande maskin (Daugherty, Banerjee, Negm & Alter 2015, 10-11).



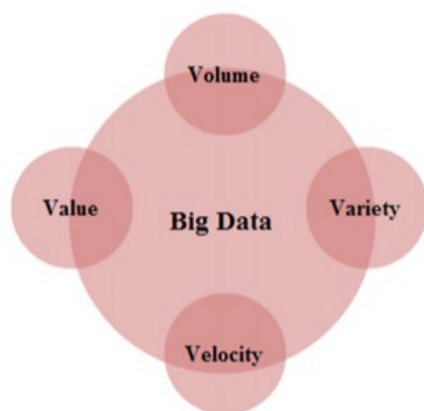
Figur 9 IIoT-tekniker (Daugherty, Banerjee, Negm & Alter 2015, 11)

Enligt Daugherty m.fl. (2015, 14) kommer industriell IoT också att öppna för nya arbetsplatser och krav på personalen. Fastän tekniken datoriserar vissa, i synnerhet repetitiva arbetsuppgifter, kommer företagen att behöva personal med färdigheter inom bl.a. datavetenskap, maskinteknik, programutveckling och testning samt marknadsföring och försäljning för att kunna erbjuda och sälja de nya produkterna och tjänsterna IIoT-tekniken möjliggör. Tekniskt kunnig personal inom bl.a. design, planering, utveckling och underhåll behövs också hos företagen som köper och

använder utrustningen. Fastän tillverkarna kommer att sträva efter att göra dem praktiska och enkla att använda, behöver företag ingenjörer med färdigheter i datavetenskap och kvantitativ analys för att integrera tjänsterna i sin verksamhet. De behöver också hitta sätt att förbättra personalens och kundens produktivitet. IoT-produkter och IoT-tjänster kommer också att ändra på existerande arbetsuppgifter så att de blir mer fjärrstyrda då t.ex. arbetstagaren som använder någon slags körutrustning flyttas från fältet till ett kommandocenter där utrustningen styrs ifrån. Arbetstagarens uppgifter blir på samma gång mer sofistikerade och kräver mer skicklighet än tidigare, när de tillsammans med ingenjörer och analytiker styr robotutrustning på fältet. Robottekniken kommer allt mer att förändra hur människor arbetar i framtiden när tekniken utvecklas. I dag utför robotar mest farliga, repetitiva och obehagliga arbeten, men den mer utvecklade generationen kommer att arbeta sida vid sida med människorna. Med hjälp av artificiell intelligens kan robotarna lära sig nya uppgifter eller anpassa sitt arbetssätt för att undvika skador utan behov av programmering. I och med att robotarna kan lära sig nya uppgifter kan de snabbt utnyttja sin nya kunskap för att utföra uppgiften, vilket gör dem väl lämpade för att arbeta tillsammans med människor som övervakare (Daugherty, Banerjee, Negm & Alter 2015, 14).

## 2.3 Big Data

*Big Data* är en term för att beskriva stora och komplexa datamängder, som kan vara svåra att hantera med traditionella databasmetoder och databasteknologier, samt



Figur 10 Big Data (Hashem m.fl. 2015, 100)

analys av dem (Hilbert 2013, 4). Data kan vara ostrukturerade, av olika storlekar och format, vilket gör dem otydliga och svåra att hantera. Det kan kräva betydande processer för att identifiera värdefull information från massiva och komplexa dataset. För att definiera *Big Data* används ofta de tre kännetecknen: volym, variation och hastighet (volume, variety, velocity), som introducerades av Gartner,

tillsammans med det fjärde kännetecknet, värde (value), som tillades av IDC. Med volym menas mängden av data oavsett format som genereras från olika källor. Genom att samla och analysera stora mängder data kan dold information och dolda mönster identifieras. Variation avser datas olika typer och format som genereras och samlas in genom t.ex. sensorer, enheter och sociala nätverk. Typer av data kan inkludera video, bild, text, ljud eller logginformation och kan antingen vara av strukturerat, semi-strukturerat eller ostrukturerat format (Hashem m.fl. 2015, 100). Data genererade ur applikationer och sociala medier, t.ex. bilder, video och ljud är ostrukturerade och måste bearbetas för att processa informationen (Rosengren 2012). De två sista egenskaperna för *Big Data* är dataöverföringens hastighet och värde. Datas överföringshastigheter är mycket stora eftersom data ständigt genereras, ändras och arkiveras. Den viktigaste egenskapen är värdet som uppnås av att analysera de stora mängderna data (Hashem m.fl. 2015, 100). Värdet kan t.ex. vara information som används för att underlätta beslutsfattande (Hilbert 2013, 4).

Vissa datakällor kan generera massiva mängder data, varav en stor del saknar intresse och kan filtreras och komprimeras. I och med IoT-teknikens utveckling och implementering kommer dess enheter och sensorer vara en av huvudkällorna för *Big Data*. Antalet IoT-enheter förväntas stiga till över 20 miljarder år 2020, vilket för med sig utmaningar med att definiera filtren så att inte användbar information förkastas (Botta m.fl. 2016, 686; Labrinidis & Jagadish 2012, 2032). En annan utmaning är att automatiskt producera rätt metadata om vad det är för data som genereras, varifrån och hur den ska bearbetas. Innan data kan analyseras måste den bearbetas för att utvinna den önskade informationen och framställa den i en strukturerad form som är lämplig för analys. För automatisk *Big Data*-analys måste data struktureras och uttryckas på ett datorförståeligt och datorlösbart sätt. Även databasens design och hur informationen lagras har inverkan på analyseringssätten som kan användas. Datautvinningsprocesser behöver t.ex. integrerade, rensade, pålitliga samt effektivt tillgängliga data med deklarativa frågor och utvinningsgränssnitt och utvinningsalgoritmer för att hitta mönster eller trender i stora dataset. Analyseringens värde kan dock ändå gå förlorad om användarna i slutändan inte kan tolka resultatet eller om analysen gjorts på data av dålig kvalitet (Labrinidis & Jagadish 2012, 2032).



Molntjänster och *Big Data* är starkt sammanfogade eftersom de stora datamängderna oftast inte lagras lokalt, utan i molnet där data lätt kan analyseras och bearbetas. Molntjänsterna erbjuder en tidseffektiv plattform för avancerad analysering och bearbetning av data genom flera dataset. Molntjänsterna kan också tjäna som servicemodeller där t.ex. molnbaserade applikationer bearbetar stora dataset och presenterar resultaten för beslutsfattande visuellt genom grafer och kakor. Sådana, och andra, molnbaserade tjänster har blivit alltmer vanliga i och med att datamängderna ökat och behandlingen blivit mer komplicerad (Hashem m.fl. 2015, 102-103). De ökade datamängderna har dock redan skapat, och kommer i framtiden att fortsätta skapa, lagrings- och överföringsproblem i och med att molnens kapacitet används upp. OpenFog Consortium, bestående av företag inom it-industrin och vetenskapliga institutioner, försöker hantera och ta itu med detta problem genom att standardisera och marknadsföra en alternativ arkitektur för beräkning och analysering av *Big Data*: *Fog computing* (Cisco Global Cloud Index, 2018; OpenFog Consortium 2018). Läs mer om *Fog computing* i kapitel 2.5.

## 2.4 Cloud computing

*Cloud computing*, med andra ord datormoln, molntjänst eller bara molnet, är en infrastruktur som möjliggör åtkomst till delade konfigurerbara datorresurser vid behov, såsom nätverk, servrar, lagring, program och tjänster, över internet (Mell & Grance 2011, 2). Molntjänster har under 2010-talet blivit mycket trendiga och används bl.a. för beräknings- och analyseringsprocesser samt lagring och nätverkshantering (Chiang & Zhang 2016, 854). Att utföra beräkningar och dataanalyser i molnet minimerar kostnaderna och begränsningarna för automatisering eftersom resurserna i princip är obegränsade, skalbara enligt behov och betalas efter användning. Detta, i sin tur, minskar på företagets underhållskostnader för egen infrastruktur (Hashem, Yaqoob, Anuar, Mokhtar, Gani & Khan 2015, 99). Datacentrets hård- och mjukvara kallas för molnet, medan hela infrastrukturen består av fem karaktäristika, tre ursprungliga tjänstesätt och fyra distribueringstyper. Molninfrastrukturen kan delas upp i ett fysiskt och ett virtuellt lager. Det fysiska skiktet består av hårdvaran såsom servrar, lagrings- och nätverksutrustning, medan virtuella skiktet består av mjukvaran

med de nödvändiga molnegenskaperna (Mell & Grance 2011, 2). Med det virtuella skiktet kan resursanvändningen av molnet effektiveras genom att fördela och isolera hårdvaran för flera simultana tillämpningar (Hashem m.fl. 2015, 99).

Till de väsentliga karakteristikerna hör (1) självbetjäning vid behov, dvs. att behöva molntjänster, t.ex. servertid eller nätverkslagring, är tillgängliga automatiskt, utan behov av mänsklig interaktion med leverantören. Bred nätverksåtkomst (2) är en annan egenskap, vilket betyder att tjänsterna är tillgängliga över nätverket och åtkomstbara med olika typs enheter såsom smarttelefoner och tabletter eller bärbara- och stationära datorer. I en molntjänst är ofta leverantörens fysiska resurser (datacenter) sammanfogade till en (3) resurspool för att betjäna flera kunder effektivare med hjälp av virtuella resurser. Kunden kan tillåtas önska placeringen av resurserna på en högre nivå, såsom land, region eller datacenter, men har egentligen ingen kunskap eller kontroll över det exakta stället. Till resurser kan t.ex. höras lagring, bearbetning, minne och nätverk. En typisk egendom av molntjänster är dess (4) elasticitet med möjlighet att snabbt ta i bruk eller släppa resurser när som helst. Systemet kontrollerar och optimerar resurserna automatiskt och datacentret kan snabbt skala resurserna enligt efterfrågan, vilket oftast också används som bas för betalning (pay-per-use). Molntjänsterna ger öppenhet genom att både användaren och leverantören kan övervaka, kontrollera och rapportera resursanvändningen. (Mell & Grance 2011, 2).

Ordet "molntjänster" hänvisar till både de över internet levererade tjänsterna liksom hårdvaran och systemen i datacentren som erbjuder dem. Tjänsterna som erbjuds i molnet hänvisas till med namnet *Software as a Service* (SaaS), vilket betyder att programmet inte behöver installeras, utan körs över internet och är tillgänglig med olika enheter genom ett gränssnitt. Kunden administrerar eller kontrollerar inte den underliggande infrastrukturen såsom nätverket, servern, operativsystemet, lagringen eller enskilda program, utan endast tjänstens konfigurationer och inställningar (Mell & Grance 2011, 2). En del leverantörer har namngett sina tjänster till *Infrastrucutre-* eller *Platform as a Service* för att beskriva dem bättre. *Infrastructure as a Service* (IaaS) erbjuder tjänster som datorresurser, lagring och nätverk för t.ex. bearbetning och analysering av data. Kunden hanterar eller kontrollerar inte molnets infrastruktur,

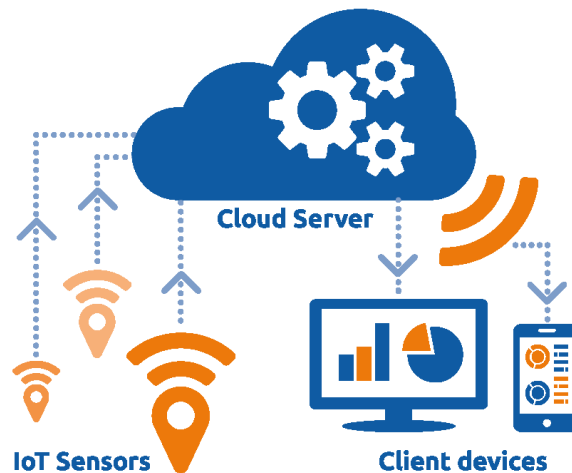
men kan ha åtkomst till och kontroll över operativsystem, lagring och program samt begränsad kontroll över vissa nätverkskomponenter, t.ex. brandväggar. *Platform as a Service* (PaaS) ger kunden möjlighet att utveckla program genom att använda molntjänstens programmeringsspråk, bibliotek, tjänster och verktyg. Kunden har kontroll över program och eventuella konfigurationer och inställningar men inte över molnets infrastruktur. Kunden behöver med andra ord inte oroa sig över att uppdatera eller uppgradera molntjänsternas mjuk- eller hårdvara, vilket gör tjänsterna attraktiva genom sin enkelhet (Mell & Grance 2011, 3).

Ett offentligt moln är öppet för offentligheten och betalas oftast enligt tillgänglig kapacitet. Tjänsten är avsedd för öppen användning av allmänheten och upprätthålls av ett företag eller en organisation. Data lagras i leverantörens datacenter. Privata moln är avsedda för användning endast inom en enskild organisation och ägs och organiseras antingen av organisationen själv eller en tredje part. Gemensamma moln är molntjänster som används gemensamt av olika organisationer med t.ex. gemensamma uppdrag, krav eller policyn. Datacentret tillhör någon av organisationerna eller ägs gemensamt eller av en tredje part. Ett hybridmoln är en sammansättning av två eller flera molninfrastrukturer som är bundna tillsammans med teknologi för att t.ex. möjliggöra *cloud bursting* för att balansera resurskraven mellan dem (Mell & Grance 2011, 3). *Cloud bursting* är en distributionsmodell där program som körs på ett privat moln temporärt utvidgas till ett offentligt moln då efterfrågan överskrider utbudet av resurserna. Fördelen är att organisationen bara behöver betala för det extra resurserna när de behövs, vilket minskar på de totala kostnaderna för molntjänsterna (Rouse 2017).

#### **2.4.1 Cloud computing och IoT**

Molntjänst- och IoT-tekniken har sett en snabb utveckling skilt från varandra, eftersom de är mycket olika och deras egenskaper är ofta komplementära. Teknikernas olika egenskaper, implementeringsområden och -syften är dock en av huvudorsakerna för deras integration och gemensam utveckling. IoT-enheterna kan kompensera sina tekniska begränsningar med molntjänsternas resurser (framförallt lagring, bearbetning och kommunikation), medan molntjänsterna kan utvidga sin räckvidd med hjälp av

IoT-enheterna. Molntjänsterna möjliggör nya hanterings- och utvecklingssätt för implementering av program och tjänster som använder sig av IoT-enheter eller -data genom att fungera som ett mellanskikt mellan dessa (se figur 11). Molnet döljer all komplexitet och funktionalitet som behövs för implementeringen och användningen. Det finns också andra fördelar såsom förbättrad skalbarhet, kompatibilitet, flexibilitet, effektivitet samt pålitlighet och säkerhet. Dessutom kan tjänsterna bli billigare och lättare att använda med hjälp av molnintegration. Med hjälp av molntjänsterna kan data samlas och behandlas mer effektivt och nya enheter installeras lättare, vilket resulterar i lägre implementerings- och användningskostnader. Företagen har också möjlighet att utföra mer komplexa analyser, för t.ex. datadriven beslutsfattning och prediktionsalgoritmer, och därigenom öka intäkter och reducera risker (Botta m.fl. 2016, 687-688).



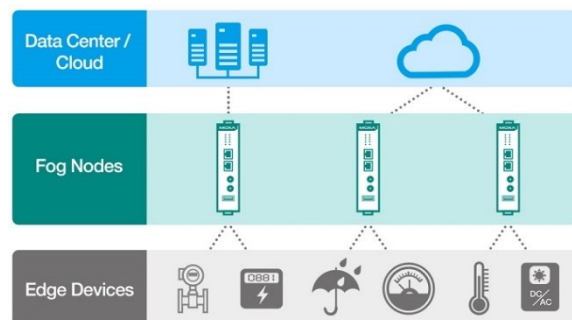
Figur 11 Molntjänst och IoT (Compass 2018)

Då nya användningsområden hittas, vartefter IoT-enheterna utvecklas och får nya funktioner, sprids enheterna och bildar ett nätverk med miljarder anslutningar över hela världen. Integrationen mellan IoT och molntjänsterna skapar möjligheter såsom t.ex. nya smarta tjänster och program som använder reella data från IoT-enheterna via molnet. Eftersom enheterna inte har tillräckligt med beräknings- eller energiresurser för avancerad dataanalys, kan informationen överföras till kraftfullare noder på nätverket. Detta kräver dock att nätverket är utrustad med tillräcklig infrastruktur, vilket kan vara problematiskt att implementera kostnadseffektivt. Molntjänsterna erbjuder i princip obegränsad bearbetningskapacitet när sådan behövs och uppfyller

också andra krav såsom dataanalys i realtid, användning av sensordrivna program, hantering av komplexa händelser och energisparning. Molnet kan förbättra och förenkla kommunikationen betydligt mellan IoT-enheterna och tillämpningsområdet, eftersom enheter effektivt kan anslutas, spåras och hanteras och genererade data i realtid kan bearbetas och tillämpas där informationen behövs. Molntjänsterna erbjuder också praktiska och kostnadseffektiva lösningar för lagring av data som IoT-enheterna genererar. IoT-enheterna producerar stora mängder ostrukturerade och halvstrukturerade data med typiska egenskaper för *Big Data*: volym, variation och genereringshastighet. De stora mängderna data från enheterna på kanten av internet kan dock medföra praktiska begränsningar och flaskhalsar i nätverket vid överföring till molnet (Botta m.fl. 2016, 688).

## 2.5 Fog- och edge computing

Den explosionsartade utvecklingen och tillväxten av IoT är imponerande, men på samma gång ohållbar med nuvarande nätverksteknik och nätverksinfrastruktur. Enligt OpenFog Consortium (2018) kommer flera IoT-implementeringar att stå inför utmaningar som är relaterade till latens, nätverksbandbredd, tillförlitlighet och säkerhet, som inte kan lösas med nuvarande molntjänster. *Fog computing* försöker lösa dessa utmaningar genom att bilda ett öppet, högpresterande nätverk mellan nätverksenheterna och molntjänsterna (se figur 12). Att analysera data redan i närheten av sensorerna som producerar det, i stället för att skicka stora mängder data till olika molntjänster, sparar bandbredd och ökar responstiden för alla. När det gäller att t.ex. förhindra total nedläggning av en icke-funktionerande produktionslinje är



Figur 12 Fog- och edge computing (Moxa, 2017)

millisekunder viktiga. Att minimera latens och analysera data av linjens sensorer direkt, kan avgöra om linjen läggs ned eller fortsätter verksamheten. Det är inte alltid praktiskt att skicka alla data till molnet, och oftast inte heller nödvändigt, eftersom en stor del av analyserna inte behöver bearbetnings- eller lagringsresurser på molnnivå. När tidskänsliga och okomplicerade data analyseras direkt på plats, finns det tillgänglig bandbredd för att skicka data som behöver mer beräknings- och lagringsresurser till molnet. Den nuvarande molntjänstarkitekturen hinner inte med om data från alla miljontals enheter skickas från nätverkskanten till datacentret för bearbetning och analysering, utan det leder till att bandbredden överstigs och latensen ökar. Det finns dessutom också sådan typ av data som är bunden av branschbestämmelser och av policyer att lagra innanför regionala områden. Det ideala stället att analysera en stor del av IoT-data är nära de enheter som producerar och agerar på den, dvs. i "dimman" (Cisco 2015, 1-3).

*Fog computing* utvidgar molnet närmare sensorer och enheter som producerar och agerar på IoT-data med hjälp av dimmnoder (*fog nodes*) som kan placeras var som helst i närheten. En nod kan egentligen vara vilken apparat som helst, bara den är uppkopplad och har beräknings- och lagringsresurser, t.ex. en mobiltelefon, switch, router, server eller övervakningskamera. Den närmaste noden tar in data av de uppkopplade enheterna och med hjälp av nätverkets IoT-program dirigeras data av olika typer för analys till det för den typen optimalaste stället. Mest tidskänsliga data analyseras redan i noden närmast enheten som genererade den, och kanske ska agera på informationen, medan data som kan vänta från sekunder till minuter flyttas till en aggregationsnod. Data kommuniceras och analyseras på denna nivå genom maskin-till-maskin (M2M). Data som är minst känslig för tid eller sekretess skickas till molnet för historisk *Big data*-analys och långvarig lagring. Se noggrannare skillnader ur tabell 3. Det kan löna sig för företaget att överväga *fog computing* om (1) data samlas alldeles på kanten av nätverken, (2) nätverket har tusentals uppkopplade enheter eller (3) om det är nödvändigt att analysera och reagera på data omedelbart (Cisco 2015, 3-4). IDC (2018) förutser att ca 40 % av IoT-data kommer att analyseras utanför molnet och att 18 % av de totala IoT-investeringarna spenderas på edge-infrastruktur år 2020 (IDC 2017, 5). Genom att utvidga molnet närmare enheterna som genererar och agerar på

data med hjälp av *fog computing*, kan företagen uppnå fördelar genom förbättrad smidighet för produkter och tjänster, säkerhet genom konsekventa policyer samt insikt i och integritet hos känsliga data. Underhålls- och driftskostnaderna för nätverket kan också sänkas (Cisco 2015, 5). *Fog*- och *cloud computing* kompletterar varandra genom att bilda en kontinuitet mellan molntjänsterna och IoT-enheterna, vilket gör beräkningarna, lagringen, kontroll och kommunikation möjliga var som helst längs nätverket (Chiang & Zhang 2016, 857).

	<i>Noder närmast IoT-enheterna</i>	<i>Aggregationsnoder</i>	<i>Molntjänster</i>
<b>Responstid</b>	Millisekunder	Sekunder till minuter	Minuter till veckor
<b>Program</b>	M2M	Enkel analys	Big data-analys
<b>Lagring</b>	Sekunder till minuter	Kortvarig lagring	Långvarig lagring
<b>Geografisk täckning</b>	Mycket lokalt	Lokalt	Globalt

Tabell 3 Fog computing utvidgar molnet (Cisco 2015, 4)

### **3 IOT OCH FLÖDESEKONOMI (PRAKTISKA RESULTAT)**

Flödesekonomi kan definieras som den strategiska koordinationen av materialflödet genom distributionskedjan och optimeringen av företagets funktioner för att förbättra den. Distributionskedjan omfattar alla organisationer och steg som behövs från tillverkning till leverans och har som mål att tillfredsställa kunden. Genom effektiv administration av denna kedja kan de involverade parterna lyckas sänka kostnader och generera mervärde, vilket resulterar i att företagen kan gå med vinst. Detta kan uppnås genom att t.ex. minska rutinmässigt arbete och kostnader samt förbättra och förenkla informationsflödet mellan parterna (Papert & Pflaum 2017, 175).

IoT erbjuder flera tekniker och lösningar för att minska rutinmässiga arbeten och förbättra informationsflödet inom distributionskedjan. Med RFID-teknik och smarta lagringshyllor kan tillverkaren få information om t.ex. återförsäljarnas försäljningsdata och lagermängder i realtid. Denna information kan användas för att producera och leverera rätt mängd nya produkter, vilket minskar på både över- och underproduktion. Hela distributionskedjan kan ha nytta av och optimera sina processer med automatiskt datautbyte från IoT-enheterna fästa på transportfordon, pallar eller produkter (Bandyopadhyay & Sen 2011, 63).

#### **3.1 Leverans- och lagerhantering med RFID-teknik**

RFID-tekniken erbjuder möjligheten att förbättra distributionskedjans effektivitet genom att möjliggöra bättre kontroll och flexibilitet vid hantering och lagring av produkter. Företagen och affärspartnerna i olika skeden av distributionskedjan har tillgång till exakt information och position av produkterna, vilket underlättar samarbetet av lagerhantering, planering, prognostisering och påfyllning. Idealt, i en fullt RFID-implementerad distributionscentral, kunde tekniken t.ex. ersätta användningen av streckkoder och manuell räkning av inkommande leveranser. Detta skulle minimera mängden mänskliga fel och spara personalens arbetstid. Enligt Osyk och Vijayaraman (2005) tror många experter på att RFID-tekniken kan förbättra



arbetstagarnas produktivitet och företagens lagerhantering, såsom plockning och minimering av svinn och stöld, eftersom mer information kommer att vara tillgänglig (Osyk & Vijayaraman 2005, 7).

RFID-tekniken kan spara tid och ersätta arbetsuppgifter genom automatisering av t.ex. lagerhanteringsuppgifter såsom, kontroll och skannande av inkommande inventarier (60-93 %), plockning (upp till 36 %) och kontroll över utgående inventarier (ca 90 %) (Michael & McCathie 2005, 624). Eftersom arbetskraftskostnaderna består är 50-80 % av utgifterna i en organisation kan automatisering och exakt information över lagernivån betydligt reducera personal- och lagerkostnaderna. Detta kan förbättra förmågan att förutse produktåtgång vilket minskar risken för att en produkt tar slut i lagret. När alla produkter är märkta med en tagg effektiveras också inventeringen och minskar på tillbakadragningar och stöld (Michael & McCathie 2005, 624). Tillbakadragningar kan vara mycket kostsamma för organisationer eftersom det är svårt att precisera vilka produkter som är felaktiga. Med hjälp av RFID-teknik och elektroniska produktkoder, *Electronic Product Code* (EPC), kan ett företag unikt identifiera varje produkt och få essentiell information om vilka produkter som är drabbade. Organisationen sparar avsevärda summor då alla produkter inte behöver dras in och kan således upprätthålla ett starkt och pålitligt varumärke (Michael & McCathie 2005, 625). I tabell 1 jämförs olika processer med och utan RFID-teknik. Ur tabellen kan lätt konstateras att RFID-tekniken höjer på effektiviteten.

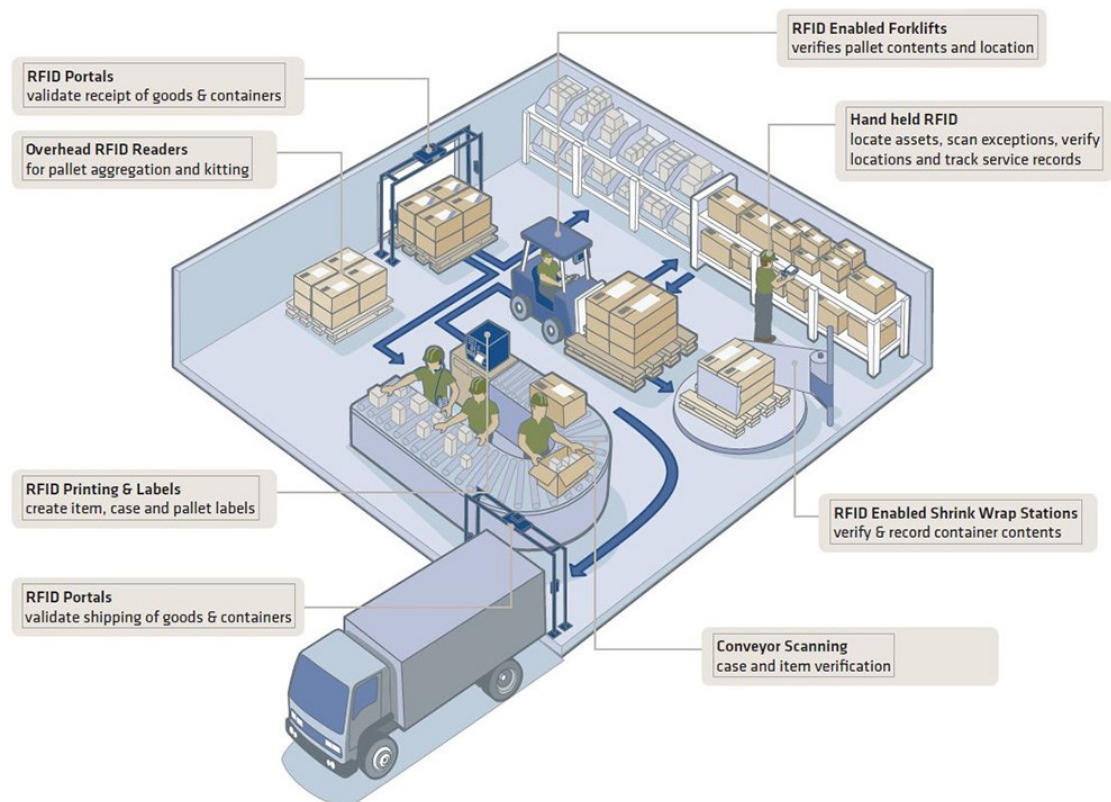
Område	Utan RFID	Med RFID	Inverkan
<b>Precision av lageruppgifter</b>	75 %	95-99 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindre risk för slut av produkter i lagret vilket leder till att försäljningsförlusten minimeras</li> <li>• Produkterna i rätt butiker vilket leder till mindre rabatterade priser</li> </ul>

<b>Tid</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Räkningshastighet: 250 produkter/tim.</li> <li>• Manuell registrering</li> <li>• Manuell lokalisering och plockning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Räkningshastighet: 25 000 produkter/tim.</li> <li>• Automatisk registrering och lokalisering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RFID baserad inventarieräkning är 100 gånger snabbare än utan RFID och registrering kräver inte längre uppackning vilket leder till reducerade arbetskostnader.</li> <li>• Lokalisering är mycket snabbare mha. RFID och gör plockningen mycket exaktare och effektivare.</li> </ul>
<b>Försäljning</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkter saknas</li> <li>• Svårt att motverka svinn</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RFID reducerar svinn</li> <li>• RFID ökar på precisionen av lageruppgifterna och transparens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spillo kan mätas och motarbetas effektivare än tidigare</li> <li>• Transparens av produkter i transport och i butiker ökar tillgängligheten</li> <li>• Butiken behöver inte stängas för inventering</li> </ul>
<b>Kostnads-faktorer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostnader för leveransfel</li> <li>• Extra arbetskraft för inventering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökad noggrannhet i leveranser</li> <li>• Transparens i logistik</li> <li>• Påfyllning efter behov</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mindre reklamations-kostnader</li> <li>• Inget behov för extra arbetskraft</li> <li>• Bättre fördelning av försäljaren</li> </ul>

Tabell 4 Fördelar med RFID-teknik (Jessica Säilä, 2013)

Trots att RFID-tekniken kan spara organisationer både tid och pengar genom minskade lagerhanterings- och personalkostnader är implementeringskostnaderna ännu inte på en kostnadseffektiv nivå. Kostnaden är i dag ca 0,10 USD för passiva, och ungefär 20 USD för aktiva taggar samt 150–20 000 USD för basstationen (Watson 2015). Förutom taggen och basstationen, kräver också basstationernas installation, implementering av nya applikationer och teknikens integrering till befintliga system stora investeringar. Kostnader uppstår också av personalens utbildning och

omorganisering samt appliceringen av taggar på produkterna (Osyk & Vijayaraman 2005, 8). Osyk och Vijayaraman (2005) konstaterade i sin studie att kostnaderna kontra fördelarna följt av integration och standarder var de största bekymren för implementerande företag. Priset per tagg är i dagens läge för hög för att fästas på varje produkt men en del företag fäster taggarna på lastpallar och förpackningar redan i dag. Fullt automatiserad produktspårning (vilket kräver en tagg på varje produkt) är enligt den amerikanska varuhuskedjan Wal-Mart dock oundviklig i framtiden (Michael & McCathie 2005, 625).



Figur 13 Praktiskt exempel på RFID-teknik i lager (Compsee 2016)

Fastän RFID-tekniken funnits redan länge har den tillämpats inom distributionskedjan först på senare tid. Detta resulterade länge i brist på fungerande standarder vilket hejdade bredare användning och utveckling av tekniken (Michael & McCathie 2005, 628). I dag finns det två internationella standardiseringsorgan för RFID-tekniken: *International Standards Organization* (ISO) och *Electronics Product Code Global* (EPCglobal) vilka tillhandahåller de huvudsakliga standarderna för tekniken (Poole

2016). Ett annat problem med RFID-tekniken är dess radiosignaler. Dessa drabbas lätt av störningar, vilket kan hindra taggen att överföra klar och tydlig information till avläsaren. Fastän radiosignalerna kan avläsas genom plast och kartong, störs signalerna av vätska och metall. Detta betyder att taggarna måste placeras med omtanke på rätt ställe och till och med på ett särskilt sätt, vilket kan vara mycket tidskrävande. RFID-system är utsatta för flera olika typer av störningar; tagg-till-tag, tagg-till-basstation och basstation-till-basstation. Om flera taggar försöker kommunicera med samma basstation på samma frekvens, eller flera basstationer försöker kommunicera med samma tagg, kan de bli förvirrade. Basstationerna kan inte heller vara så nära varandra att deras signaler stör taggarnas signaler. Basstationernas implementeringspositioner måste uträknas noggrant för att på samma gång täcka varje tagg och minimera störningar från andra basstationer (Liu, Bolic, Nayak, Stojmenovi 2010, 326).

Område	Utmaning
<b>Grundläggande</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Höga kostnader</li> <li>• Saknad ROI</li> <li>• Saknat behov eller krav av tekniken</li> </ul>
<b>Teknisk</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bristfälliga avläsningar</li> <li>• Bristfälliga system</li> <li>• Problem med billiga taggar</li> <li>• Mellanprogramvarans roll osäker</li> <li>• Bristande färdigheter om tekniken</li> </ul>
<b>Säkerhet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Osäkerhet vid trådlös överföring</li> <li>• Osäkerhet vid datalagring</li> </ul>
<b>Integritet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integritets- och lagstiftningsproblem</li> <li>• Bristfälliga standarder</li> </ul>

Tabell 5 Utmaningar vid implementering av RFID-teknik (Attaran 2012, 145)

### 3.1.1 Empirisk undersökning av RFID-teknologianvändning

John K. Visich, Suhong Li, Basheer M. Khumawala och Pedro M. Reyes (2009) har undersökt med hjälp av empiriska bevis vilka faktiska fördelar RFID-teknik har på distributionskedjans prestanda. Undersökningen granskar och klassificerar befintliga empiriska studier av RFID-teknikens prestanda inom distributionskedjan och delar upp bevisen i två processer – operativa och administrativa – och tre effekter – automatiserande, informativa och transformerande. Studien konstaterar att implementering av RFID-teknik främst stöder de operativa processerna genom automatiserade effekter följt av informativa effekter för administrativa processer. Automatiserade effekter på operativa processer kan t.ex. vara förbättrad lagerstyrning eller effektivisering av arbetsuppgifter. Informativa effekter för administrativa processer kan bidra till bättre besluts kvalitet, produktionskontroll samt effektivare försäljning och kampanjer (Visich m.fl. 2009, 1290). Undersökningen iakttar endast bevis som baseras på faktiska resultat ur pilotstudier eller verkliga implementeringar (Visich m.fl. 2009, 1295).

<i>Transformerande effekt</i>	<i>Bevisexempel</i>	<i>Ursprunglig källa</i>
<b>Processförändring</b>	Produktionens ledtid minskade från 88 till 46 minuter	Collins, 2004b
	Produktionen ökade 57 % från 175 000 till 275 000 enheter per år med minskad arbetskraft	O'Connor, 2007e
	Leveranstiden minskade från 28 till 16 dagar, mängden minskade från 92 000 till 11 000, varulagret minskade från 127 miljoner dollar till 70	Collins, 2006c

Tabell 6 Transformerande effekter på operativa processer (Visich m.fl. 2009, 1300)

Varuhuskedjan Wal-Marts mål att effektivisera sin distributionskedja genom att ersätta streckkoder med RFID-taggar, liksom flera kvantitativa uppskattningar av fördelar av konsult- och lösningsleverantörer har ökat intresset för tekniken. Studien påpekar dock

att trots flera rapporterade fördelar av bl.a. Weil (2004), Seideman (2003), Jones m.fl. (2004), Kärkkäinen (2003) samt Li och Visich (2006) uppnås dessa inte omedelbart vid implementeringsskedet, utan de finns ett antal problem och utmaningar som hindrar teknikens adoption. En undersökning av Logistics Management (2004) belyser att 42,3 % som under Wal-Marts press implementerat RFID-teknik inte uppnått någon avkastning på investeringarna (ROI). Andra utmaningar var teknikens kostnader (23,1 %) och brist av egna fördelar (11,5 %). 7,7 % upplevde att de inte fick tillräckligt med stöd från Wal-Mart. Övriga tidiga utmaningar vid implementeringen är bristfälliga avläsningsresultat, säkerhet och integritet samt miljöpåverkan (Visich m.fl. 2009, 1291).

<i>Informativ effekt</i>	<i>Bevisexempel</i>	<i>Ursprunglig källa</i>
<b>Utnyttjande</b>	Förslut av återanvändbara behållaren minskade från 4 till 2 %	Wilding & Delgado, 2004a
	Kostnad för återanvändbara behållaren minskade med 4 miljoner pund per år	Wilding & Delgado, 2004a
<b>Svarstid</b>	Behandlingstid minskade från sex till tre eller två timmar	O'Connor, 2007g
	Svarstiden för distribution-skedjan minskade från sju till fem dagar	Swedberg, 2007e
<b>Avfall</b>	Förpackningsfel eliminerade	Bacheldor, 2007

Tabell 7 Informativa effekter på operativa processer (Visich m.fl. 2009, 1300)

Studien identifierar 55 bevisexempel där RFID-tekniken ökat på det operativa affärsvärdet. Majoriteten av effekterna (47) kategoriserades som automatiserande, fem som informativa och tre som transformerande (Visich m.fl. 2009, 1297). Till de automatiserade effekterna hörde bl.a. reducerade kostnader, förbättrad leverans- och

mottagningseffektivitet samt minskade lagerkostnader och genomströmningstider. Den största automatiserade effekten var dock inom lagerstyrning: med hjälp av RFID-tekniken behövdes inte längre manuella hyllinspektioner och -påfyllningar (Visich m.fl. 2009, 1298). Se alla automatiserande effekter ur tabell 8. De informativa effekterna korrelerade med de automatiserande eftersom information används i båda fallen. Enbart informativa effekter var tillgångsspårning, reducerad svars- och orderbehandlingstid samt minimering av packningsfel. Alla informativa effekter finns i tabell 7. Transformerande effekter genereras huvudsakligen genom att förändra hela den operativa processen. I studien hade en tillverkare av golf- och bruksbilar reducerat tillverkningstiden från 88 till 45 minuter genom att förnya tillverkningsanläggningen och implementera ett RFID-system. En annan biltillverkare ökade produktionen med 57 % genom att implementera ett RFID-system för arbetarna att göra påfyllningsorder från lagret till produktionslinjen. Detta resulterade i 50 % mer utrymme längs produktionslinjen och effektivare montering; produktionen ökade från 175 000 till 275 000 enheter per år (Visich m.fl. 2009, 1301). De transformerande effekterna är listade i tabell 6.

<i>Automatiserande effekt</i>	<i>Bevisexempel</i>	<i>Ursprunglig källa</i>
<b>Arbetskostnader</b>	14 % minskning av lagerpersonal	Burnell, 2005
	Personal reducerad från 20 till 12 utan förändringar i produktionsvolymen	O'Connor, 2008a
	Sänkt produktionskostnad med 17 %	Violino, 2005
	Tullbehandlingskostnader för containrar sänkes 25 %	O'Connor, 2007f
<b>Effektivitet</b>	Tre gånger snabbare återfyllning av inventarier	Sullivan, 2005b
	Minskad lagerhanteringstid 50 %	Deffree, 2005
	Leveranstider minskade 66 %	Blanchard, 2004

	Produktiviteten förbättrades med 50 %	Blanchard, 2004
<b>Leveranseffektivitet</b>	Tid för leveransorder minskad från 45 till sex minuter; från 20 minuter till 20 sekunder; med 80 %	Shister, 2005; O'Connor, 2007d; Katz, 2006; Bacheldor, 2006
	Bygghastighet av lastpall minskad från 90 till 11 sekunder	Shister, 2005
	Tid för lastning av lastbil minskad från 50 till 20 minuter; med 40 %	Swedberg, 2007d; RFID Journal, 2003
	Lästid av återanvändbara tillgångar minskade 83 %	Wilding and Delgado, 2004b
	Tid för inventariekontroll i ett distributionscenter minskade med 68 %	Wessel, 2008a
<b>Mottagningseffektivitet</b>	Tid för nedbrytning av lastpall minskade från 17,75 till 2,7 minuter	O'Connor, 2006b
	Ankomstinspektionstiden minskade 10 till 50 %	Holmqvist and Stefansson, 2006
	Tiden för incheckning och avlastning minskade 15-20 minuter	Burnell, 2005
	Orderförklaringstiden minskade från 20 till fem sekunder	Katz, 2006
	Produktivitetsökning för kvittering av last med 57 %	Bacheldor, 2006
	Tid för jämförande av leverans och order minskade 80 %	Wessel, 2007
	Tid för att bearbeta en levererad pall minskade vid ett DC med 51 % från 5,36 till 2,65 minuter	O'Connor, 2006b



<b>Lagerhantering</b>	Mottagningstiden i ett DC minskade med 70 %	Wessel, 2008b
	Slut i lager minskade med 11 %; 21 %; 25 %; 26 %; 50 %	Burnell, 2005; Hardgrave m.fl., 2008b; O'Connor, 2007b; O'Connor, 2007c; Webster & Wal-Mart's, 2008
	Lagersaldos noggrannhet ökade från 96 till 99 %	RFID Journal, 2002a
	Minskning av fantom-inventarier med 50 %	Chain Store Age, 2007a
	Inventeringstid minskad med 80 %	Roberti, 2007
	Inventarienoggrannhet 98,4 %; 99,6 %; 99 %	Collins, 2006a; O'Connor, 2007b, O'Connor, 2008c
<b>Lagerkostnader</b>	Kundservice förbättrades i genomsnitt från 85 till 99 %	Gaudin, 2008
	Förlorade inventarier minskade med 18 %; 15 %; 10 %	Burnell, 2005; Wilding & Delgado, 2004b; Swedberg, 2007f
	Säkerhetslagret minskade med 30 %	Wessel, 2008a
	Lagerutrymte minskade med 50 %; 17 %	O'Connor, 2008b; Roberti, 2008
<b>Genomströmning</b>	Ledtid för återanvändbar behållare minskade med 15 %	Tierney, 2004
	Max genomströmningsflöde ökade 38 %	Blanchard, 2004
	Ledtid för produktionen minskade med 27 %	O'Connor, 2006c
	Produktionskapaciteten ökade med 6,5 %	Collins, 2004b
	Distributionskedjans inkommande och	Deffree, 2005

utgående ledtid minskade med 50 %		
Antal varor i lagerflödet dubblades, ibland tredubblades		O'Connor, 2007g
Noggrannhet av pallar ökade från 92 till 97 %		Chow m.fl., 2006
Lokalisering av containrar förbättrades från 4-12 timmar till realtid		Schor, 2006
Noggrannhet i produktspårnings 99,9 %		Swedberg, 2007b

Tabell 8 Automatiserande effekter på operativa processer (Visich m.fl. 2009, 1299)

För de administrativa processerna identifierades endast 15 informativa effekter (tabell 9). De empiriska bevisen på informativa effekter av RFID-teknik indikerade ökad försäljning, förbättrad koordination av kampanjer, förbättrad försoning, bättre effektivitet och kvalitet på beslutsfattande samt förbättrad resursanvändning och produktionskontroll. Pilotstudier gjorda av ett amerikanskt dagligvaruföretag kunde med hjälp av RFID-taggar i sina produkter konstatera att varuhuskampanjer före högtider hade 61 % större försäljning om butiker satt ut displayer och stånd i tid. Inom klädindustrin uppnådde en återförsäljare i två butiker 30 % försäljningsökning genom att implementera RFID-taggar i klädesplaggen och avläsaren i provrummens speglar. Spegelarna avläste plaggen kunden provade och föreslog andra plagg i samma stil för att komplettera outfiten; kunden fick fler valmöjligheter och butikerna flera försäljningsmöjligheter (Visich m.fl. 2009, 1303).

<i>Informativ effekt</i>	<i>Bevisexempel</i>	<i>Ursprunglig källa</i>
<b>Försäljning</b>	Försäljningsökning med 12 % i detaljhandel, endast denim	Wilding & Delgado, 2004b
	Försäljningsökning med 15 % i detaljhandel, alla kläder märkta	O'Connor, 2008c
	Styckevis försäljningsökning med 14 %; 14,1 %; 41,1 %	O'Connor, 2006a; Chain Store Age, 2007b; Hudson, 2007
	Försäljningsinkomster ökar 14 %; 18,7 %; 30 %	Hudson, 2007; Chain Store Age, 2007b; Swedberg, 2007c
<b>Kampanjkoordinering</b>	Produktens tillgänglighet 92 % (norm. 60 %) efter den tredje dagen från lanseringen	Collins, 2006b
	Försäljningsökning för butiker som satt ut displayer innan kampanjen började: 48 %; 61 %; 140 %	Roberti, 2005; Roberti, 2006; Chain Store Age, 2007a
<b>Fakturering</b>	Avvikelser minskade från 80 % till 0 %	Collins, 2005
	Fraktinformation ökade från 70 % till 100 %	O'Connor, 2007f
<b>Besluts kvalitet</b>	Minskning av manuella beställningsorder 10 %; 42 %	Sullivan, 2005b; O'Connor, 2007a
	Omloppstid för återanvändbara behållare minskade från 47 till 40 dagar	RFID Journal, 2002b
	Årliga inköpskostnader minskade 11 %	Violino, 2005
<b>Resursanvändning</b>	Krav av parkeringsplatser minskade med 40-60	Blanchard, 2004
	Krav på traktorer minskade från 120 till 67 per år	RFID Journal, 2002

<b>Produktionskontroll</b>	Planeringsnoggrannhet förbättrades med 29 %	O'Connor, 2006c
----------------------------	--	-----------------

Tabell 9 Informativa effekter på administrativa processer (Visich m.fl. 2009, 1302)

Studiens resultat antyder att RFID-system främst tillämpas för att minska personalkostnader genom att automatisera operativa processer såsom lager- och leveranshantering. Den information som genereras av de automatiserade processerna har också både automatiserande och informativa effekter på de administrativa processerna. Genererade data kan analyseras och bearbetas och användas som underlag för att fatta bättre beslut, öka operativ flexibilitet och förbättra resursanvändningen och kvaliteten (Visich m.fl. 2009, 1304). Det är dock viktigt att påpeka att denna undersökning baserar sig på sekundära källor och studier med mätningar endast av processen som utvecklades, inte hur implementeringen påverkade andra processer. I flera fall kan inte fördelarna enbart härstamma från RFID-tekniken, utan från större organisatoriska ansträngningar, där RFID bara var en del av processförändringarna (Visich m.fl. 2009, 1305).

### 3.2 IoT inom distributionskedjan för livsmedel

Inom livsmedelsindustrin är distributionskedjans olika faser synnerligen känsliga eftersom livsmedlen lätt kan bli dåliga av t.ex. för långvariga leveranser eller brutna kylkedjor. Fastän distributionskedjan är uppbyggd av flera instanser måste färskvaror försäkras kortast och snabbast möjliga väg från producenten till konsumenten. För att erbjuda konsumenten rätt mängd färskvaror krävs organisering och samspel mellan distributionskedjans alla delar: logistik, affärsflöde, kapitalflöde och informationsflöde (Gu & Jin, 2011, 7382). Gu och Jin (2011, 7383) poängterar att för att garantera kvaliteten och säkerställa färskvaror måste kvalitetskontroll och spårningssystem upprätthållas, och menar att tillämpningen av IoT effektivt kan lösa problemet. Genom att implementera RFID-taggar redan i början av distributionskedjan kan konsumenterna lätt få information om produktens väg genom hela processen och välja om de vill köpa produkten eller inte. Konsumenterna kan med andra ord studera verklig information om produkten och dess väg genom distributionskedjan, snarare än

att passivt acceptera produktinformationen på paketet. Många andra, såsom Ogasawara och Yamasaki (2006), Gras (2006) samt Ruiz-Garcia, Lunadei, Barreiro och Robla (2009) har också rapporterat om RFID-taggar med inbyggda temperatursensorer och system med larm för att säkerställa kylkedjan. Emond och Nicometo (2006, enligt Ruiz-Garcia & Lunadei 2011, 44) presenterar FEFO-lagerhantering, dvs. *first expire, first out* som går ut på att återförsäljaren lägger ut produkter med kortare hållbarhetstid först.

RFID-teknik har tillämpats för att spåra både stora och små produkter men används idag även för att t.ex. identifiera, spåra och övervaka kreatur (Munak 2006, enligt Ruiz-Garcia & Lunadei 2011, 46). Denna form av identifiering är överlägsen jämfört med traditionella öronmärken eller tatueringar. Av öronmärkena försvinner t.o.m. 60 % medan tatueringarna kan skadas eller blekna. Traditionella identifieringsmetoder kräver manuellt arbete och läsfel uppskattas ske 6 av 100 gånger, medan RFID-märkta djur beräknas ge endast 1 fel på 1000 (Trevvarthen 2007, enligt Ruiz-Garcia & Lunadei 2011, 46). RFID-taggar med trådlösa sensorer har också använts för att kontrollera djurens kroppstemperatur, tuggning och idisslande (Opasjumruskit m.fl. 2006, Kononoff m.fl. 2002; Schirmann m.fl. 2009; enligt Ruiz-Garcia & Lunadei 2011, 46).

RFID-taggar och trådlösa sensorer används även för smarta jordbruk (eng. precision agriculture) med målet att öka effektiviteten, produktiviteten och lönsamheten, men också för att minimera påverkan på vilda djur och miljön (Ruiz-Garcia & Lunadei 2011, 46). Med hjälp av sensorer som mäter markens temperatur och fuktighet kan bevattningen ske automatiskt där det behövs, enligt informationen från sensorerna, istället för över hela fältet (Hamrita & Hoffacker 2005, enligt Ruiz-Garcia & Lunadei 2011, 46). Sensorer och RFID-taggar kan också t.ex. identifiera träd i fruktträdgårdar där GPS (Global Positioning System) är otillgänglig, samt tillhandahålla information om tillväxten, stressfaktorer och produktivitet. Denna information kan också göras tillgänglig för konsumenten över internet (Luvisi m.fl. 2010, enligt Ruiz-Garcia & Lunadei 2011, 46). En annan aspekt för att göra distributionskedjan mer överskådlig och transparent för konsumenten är att implementera RFID-läsaren i traktorer eller skördetröskor, för att veta vilka gödsel- och bekämpningsmedel som satts in i redskapens tank och var de har använts (Watts & Miller 2002; Peets m.fl. 2009, enligt

Ruis-Garcia & Lunadei 2011, 47). I en undersökning av Choe, Park, Chung & Moon (2008, 176) konstaterades att konsumenten var villiga att köpa och betala mera för mat som kunde spåras. Enligt undersökningen grundade osäkerheten sig på rädsla för försäljarens opportunistiska orsakat av brist på förtroende och specifik produktinformation.

<i>Teknik</i>	<i>Lösning</i>	<i>Ursprunglig källa</i>
<b>RFID</b>	Spårning av varor	Ruiz-Garcia m.fl., 2009; Gu & Jin, 2011
<b>RFID</b>	Identifikation och spårning av djur	Trevarthen, 2007; Munak, 2006;
<b>RFID/WSN</b>	Mätning av djurens kropps-temperatur	Opasjumruskit m.fl., 2006; Kononoff m.fl., 2002; Schirmann m.fl., 2009
<b>RFID/WSN</b>	Smart jordbruk, transparent distributionskedja	Hamrita & Hoffacker 2005; Watts & Miller, 2002; Peets m.fl., 2009; Luvisi m.fl., 2010
<b>RFID/WSN</b>	Kylkedja	Ogasawara & Yamasaki, 2006; Gras, 2006; Ruiz-Garcia m.fl., 2009

Tabell 10 IoT-lösningar inom livsmedelsindustrin

Virtuell SCM har sett lovande framsteg för att hantera utmaningarna med livsmedelssäkerhet och hållbarhetskrav genom att möjliggöra simulering och optimering av processerna med mjukvarusystem. Implementeringen av RFID-teknik och sensorer har dock hittills varit på en lokal nivå, vilket orsakat att den genererade informationen inte används på ett för hela distributionskedjan effektivt sätt. Genom att korrekt implementera tekniken och anpassa affärsprocesserna efter informationen över hela distributionskedjan, kan IoT-teknikens potential utnyttjas maximalt. Distributionskedjan kan övervakas, planeras och optimeras i realtid på distans via internet enligt data från de virtuella objekten (t.ex. produkt, låda, pall, lastbil osv.). Intelligent virtuella distributionskedjor kan t.ex. övervaka temperatur eller mikrobiologisk information som beträffar kvaliteten och hållbarheten, och varna om

det finns risk för att livsmedlen går illa före leveransen hinner fram. Vid sådana fall kan rutten planeras om och livsmedlen levereras till en närmare destination. Produktkvalitetens simulering enligt omgivningens förhållande kan också användas för dynamiska bäst före-datum, vilket resulterar i mindre spill (Verdouw, Wolfert, Beulens, Rialland 2015, 128-129).

### **3.2.1 Från RFID till IoT**

Traditionella SCM-studier och SCM-implementeringar inom livsmedelsbranschen baserar sig främst på spårbarhet med RFID-teknik, som dock endast är en del av IoT-helheten (Pang, Chen, Han & Zheng 2015, 290). McWilliams (2006) och Visich m.fl. (2011) (enligt Pang m.fl. 2015, 290) menar att RFID-tekniken sett betydande motgångar och att den inte följt vägen som förutspåddes då den togs i bruk av Wal-Mart. Enligt Pang m.fl. (2015, 290) behövs mer forskning inom ämnet för att leda industrin i rätt riktning och utvidga perspektivet från RFID-tekniken till hela IoT-fältet. De menar att för att tillämpa IoT så effektivt som möjligt, måste spårbarhetsperspektivet utökas till ett mer värdecentrerat tankesätt. Verdouw m.fl. (2015, 128) anser att detta kan uppnås med virtuell SCM och genom att utvärdera de faser i distributionskedjan som skapar mervärde utöver spårbarheten, såsom hållbarhetsprognoser, premiumförsäljning, precisionsproduktion och reducerade försäkringskostnader. Pang m.fl. (2015, 315) har i studien undersökt orsaker till ruttnande mat, jämfört tillgängliga sensorer och utvärderat kostnader för att utveckla en omfattande sensorportfölj. Sensorportföljen stöds med en trefasig informationsfusionsarkitektur som kartlägger all databehandling och informationsdistribuering i ett globalt moln. Studien avslutas med implementeringen av ett prototypsystem där det föreslagna ramverkets genomförbarhet och lösning bekräftas (se kapitel 3.3.1).

#### **3.2.1.1 Värdecentrerad distributionskedja**

Enligt Pang m.fl. (2015, 293) är spårbarheten i center för mervärdeskapande i distributionskedjor som utnyttjar RFID-teknik. De främsta drivkrafterna för spårbarhetssystem för livsmedel är offentliga hälsoinstitut och myndigheter, med huvudsyfte att minimera spridningen av epidemier och från livsmedel härstammande

olyckor (Boddie & Kun 2008; Lao & Wang 2008, enligt Pang m.fl. 2015, 293). Europaparlamentets och rådets förordning (EC) 178/2002 ålägger också att mat eller matproducerande djur och ingredienser ska kunna spåras genom alla produktions- och distributionsstadier. Den andra drivkraften är att lösa problemet där konsumentens kvalitetskrav fordrar leverantörerna att snabbt reagera på efterfrågans förändringar men förhindras av livsmedelsproduktionens karaktär att regelbundet anpassa sina planer. Detta orsakar att tillgängligheten på varor med oregelbunden efterfråga svänger mellan tomma hyllor och överproduktion (Pang m.fl. 2015, 293). Pang m.fl. (2015, 293) påstår att den huvudsakliga förbättringen RFID-teknik kan åstadkomma – grovt sagt snabbare läsningshastighet och längre läsavstånd – inte är tillräckliga för att intressera hela distributionskedjan. System för bättre spårbarhet bidrar inte till företagens ekonomiska resultat, snarare tvärtom; implementeringen kräver stora investeringar och ekonomiska fördelar kan vara svåra att identifiera (Pang m.fl. 2015, 293; Attaran 2012, 145).

Studien gjord av Pang m.fl. (2015, 293) har försökt förlänga mervärdet från spårbarheten till direkta ekonomiska bidrag för att öka intresset för IoT-utnyttjande distributionskedjor. Distributionskedjans krav och begränsningar samt senaste utvecklingen av IoT har använts för att åstadkomma mer attraktiva värderingar och utveckla de traditionella ramverken och potentiella fördelarna med RFID-teknik. Pang m.fl. (2015, 294) presenterar fyra värden som exempel på den nya värdeskapningsprincipen: prognostisering av hållbarhet, försäljning av premiumprodukter, precisionsproduktion och reducerade försäkringskostnader. Dessa fyra värderingar, som presenteras nedan, bidrar direkt till företagens ekonomiska resultat som inkomst eller vinst, medan spårbarhetens fördelar oftast bidrar indirekt på den ekonomiska utvecklingen.

- Hållbarhetsprognoserna kan enligt Pang m.fl. (2015, 294) ändra på den vanliga FIFO (*First-In-First-Out*) lagerhanteringsprincipen. Med teknologi för att förutsäga produkternas hållbarhet kan leverantören t.ex. snabbt planera om rutterna till närmare destinationer för produkter med sämre hållbarhetsprognoser och leverera produkter med längre hållbarhetstid längre bort.



- Med premiumprodukter menar Pang m.fl. (2015, 294) att produkter kan uppnå premiumstadiet genom att tillhandahålla konsumenterna konkret information om produktens miljö- och hanteringsförhållanden i distributionskedjans olika faser. Eftersom konsumenterna är villiga att köpa större kvantiteter och betala högre priser för sådana produkter – som Choe m.fl. (2008, 176) konstaterade i sin undersökning – bidrar detta direkt till leverantörens finansiella resultat.
- Livsmedelsproduktionen kan effektiveras med realtidsinformation från sensorer på fältet och i marken genom t.ex. att spara vatten då man bara vattnar där det behövs eller kontrollera växthusens temperatur och fuktighetsgrad. Den ökade produktiviteten och lönsamheten gynnar givetvis också leverantörens ekonomi.
- Försäkringsbolag har ett stort inflytande på implementering av IoT-teknik i livsmedelsbranschen eftersom de uppmuntrar kunderna till det med premierabatter. Med IoT-teknik kan försäkringsbolagen få en större förståelse om de förhållandena som rådde när en produkt förstördes och därmed minska sina egna risker och kostnader. Enligt en undersökning av Hong m.fl. (2011) består försäkringskostnader för 9,94–14,3 % av de totala kostnaderna för en matbutik under de fyra första åren. En rabatt på försäkringskostnaderna ökar direkt butikens vinstmarginal (Pang m.fl. 2015, 294).

Pang m.fl. (2015, 295) menar att eftersom en modern distributionskedja innehåller flera intressenter med olika förväntningar, kan inte en och samma lösning passa för alla, utan att värdeskapande i grunden borde vara intressentrelaterade. Studien tillämpar en värderingsmetod som grundar sig på en intressentanalys använd av José m.fl. (2007) och Goff-Pronost och Sicotte (2010) där intressenternas egna inflytanden, intressen och tillfredsställelser uppställs i en poängmatris. I matrisen är alla parter (i ... N), dvs. producenten, leverantören, grossisten, återförsäljaren, försäkringsföretaget, konsumenten och offentliga sektorn, uppdelade i egna grupper. Grupperna och värderingarna som tidigare nämnts, jämförs med varandra genom fyra parametrar och poängsätts i matrisen. Parametrarna bör passa ändamålet och kan igenkännas med kvantitativa eller kvalitativa marknadsundersökningar. Studien har använt dessa parametrar: (1) inflytning (INF), för att beskriva en intressents förmåga att främja och

sälja en IoT-lösning, (2) intresse (INT), alltså en intressents vilja att uppnå fördelar med lösningen, (3) engagemang (ENG), intressentens vilja för resursanvändning (t.ex. pengar, arbetskraft, risk) och (4) tillfredsställelse (TFS), dvs. hur nöjd intressenten är med lösningen (funktionalitet, prestanda mm.), jämfört med vad som lovades. Sedan räknas en gemensam attraktivitetsfaktor (ATR) ur parametrarnas resultat för varje intressent med en viktfaktor ( $\alpha$ , 0 ... 1) för olika strategier. Genom att justera viktfaktorn kan strategin ändras mellan mer optimistisk, som betonar intressen, realistisk som betonar svårigheterna, eller en balanserad strategi. Se formeln för attraktivitetsfaktorn nedan; ju större resultat, desto högre attraktivitet för hela distributionskedjan (Pang m.fl. 2015, 295).

$$ATR = \frac{100}{Max\ poäng^3} * \sum_{i=1}^N \{TFS_i * INF_i * [\alpha * INT_i + (1 - \alpha)] * ENG_i\}$$

Formel 1 Attraktivitetsfaktorns formel, i = intressent, N = antalet intressenter (Pang m.fl. 2015, 296)

Studien använde två källor för analysen, en kvantitativ och en litteraturbaserad marknadsundersökning. Med hjälp av analysen konstaterar Pang m.fl. (2015, 296) att hela industrins mål är att minska konsumentens oro för kvalitet och säkerhet. Den offentliga sektorn har dock ett större inflytande på distributionskedjan än konsumenten. Företagen inom distributionskedjan (producent, leverantör, grossist, återförsäljare och försäkringsbolag) är mer intresserade av de inkomstbaserade mervärdena än av spårbarheten. Resultatet visade också att värderingarna ibland även är beroende av varandra; t.ex. kan högklassiga hållbarhetsprognoser minska på försäkringskostnaderna.

### 3.2.1.2 Sensorportfölj och informationsfusion

Pang m.fl. (2015, 297) går systematiskt igenom och väljer sensorer till deras sensorportfölj som behövs för de värderingar som skapades tidigare. I det första steget studeras vilken information som behövs för att uppfylla värdet till användaren, t.ex. identifiering av produkter för spårning och lokalisering för försäkringsbolagen. Det andra steget analyserar olika sensorer genom tillgänglighet, teknikens mognad och avläsningens noggrannhet. Tekniken i sensorerna bör vara mogen och pålitlig, men

samtidigt tillgänglig långt in i framtiden. I det tredje steget analyseras sensorernas kostnader genom inköpspris, strömförbrukning, datatrafik och underhåll. Sensorerna för portföljen väljs genom prover och praktiska övervägande mellan kostnad och nytta. Läs vidare om sensorerna som valdes för den praktiska implementeringen i kapitlet 3.3.1. Pang m.fl. (2015, 315) föreslår ett globalt ”mat moln” där all information är tillgänglig för intressenterna inom distributionskedjan enligt varierande komplexitet. Företagen inom distributionskedjan behöver oftast mer komplicerad och detaljerad information än konsumenten, som mest är intresserad av kvalitet och hållbarheten på varorna. Information för t.ex. spårning och identifiering eller hållbarhetsprognoser fås från en armada av sensorer, vilket gör fusionen av information från olika källor nödvändig. Den föreslagna molntjänsten samlar data från sensorerna och behandlar den till användbar information för användarna och har en hierarkisk arkitektur som bygger på en databehandlingsmodell på tre nivåer; moln-, system- och sensornivå (Pang m.fl. 2015, 301).

På sensornivå samlar sensorerna (huvud- och undernod) in rådata som behandlas av noderna närmast platsen och mest tidskritiska händelser meddelas till användaren via mobilnätverket. Sensornivåns behandlings- och energiresurser begränsar dock databehandlingen till endast grundläggande algoritmer (Pang m.fl. 2015, 301). På systemnivån finns det interna informationssystemet för företaget där sensornätverket och andra nyckelelement är integrerade. Latensen för datakommunikation och -behandling är högre, men servrarnas resurser är betydligt bättre och passar för att bearbeta mindre tidskritiska komplexa data och händelsedetektering. Systemet kan antingen automatiskt eller manuellt agera på data från sensorerna och prognosalgoritmerna genom alarm, meddelanden eller fysisk åtgärd enligt vad som är fördefinierat för händelsen. Systemets kontextmedvetenhet och självkonfiguration tillhandahålls också på denna nivå; systemet anpassas automatiskt t.ex. enligt omgivningen, typ av livsmedel eller vid lastning, transport eller avlastning (Pang m.fl. 2015, 302). På molnnivån är latensen större än på de andra nivåerna p.g.a. autentisering och dataöversättning, eftersom alla intressenter är anslutna till samma globala molntjänst via internet. Detta kräver dock att operatören för molnet allmänt måste accepteras av alla parter i kedjan och få nödvändiga tillstånd från den offentliga

sektorn och myndigheter. Systemet kan också dela information med system av tredje parter, t.ex. myndigheter, forskningsinstitut och hälsovården (Pang m.fl. 2015, 303).

Studiens praktiska del, implementeringen av ramverket och prototypsystemet, behandlas i kapitel 3.3.1.

### **3.3 Praktiska fallstudier av IoT-implementering**

Detta kapitel innehåller två studier med praktiska implementeringar av IoT-system för distributionskedjor inom livsmedelsbranschen och ett tillverkande företag. Fokus ligger på virtuella SCM och att utveckla distributionskedjans spårbarhetstänkande mot ett mer mervärdeskapande värdecentrerat perspektiv inom livsmedelsbranschen, och på logistikhantering med ett IoT-molnbaserat informationssystem i det tillverkande företaget.

#### **3.3.1 Från RFID till IoT – implementering av prototypsystem**

Studien gjord av Pang m.fl. (2015, 293) har undersökt värdeskapande i distributionskedjor och försökt utvidga det traditionella spårbarhetstänkande med RFID-teknik till direkta finansiella bidrag, genom att utöka tekniken till hela IoT-fältet. Tajima (2007, enligt Pang m.fl. 2015, 293) sammanfattade 15 potentiella fördelar med traditionell RFID-teknik för allmänna distributionskedjor och tog upp bl.a. förbättrade utnyttjande av utrymmen, kvalitetskontroll och mindre lagersaldo. Fördelarna är dock inte relevanta för alla parter inom distributionskedjan, utan utrymmesutnyttjande är mest relevant för distributörer, kvalitetskontroll för tillverkare och mindre lagersaldo gynnar främst återförsäljaren. Studien har försökt utvidga perspektivet för värdeskapande genom att betona affärsvärdena som bidrar samtliga företag i distributionskedjan ekonomiskt. I denna studie var dessa: prognostisering av hållbarhet, försäljning av premiumprodukter, precisionsproduktion och reducerade försäkringskostnader. I detta kapitel behandlas den praktiska delen av studien gjort av Pang m.fl. (2015, 310), dvs. implementeringen av ett prototypsystem för att bestyrka det föreslagna ramverkets genomförbarhet och effekt.

Sensorernas som valts för implementeringen är GPS och mobilnätverk för lokalisering och sensorer för att mäta temperatur, luft- och jordfuktighet, koldioxid, syre, etylen och omgivande ljus samt accelerometrar för stöt, vibration och lutning. För varje teknik analyserades dess pris, teknikens mognad och noggrannhet (Pang m.fl. 2015, 298). Sensorernas kommunikation och strömförbrukning är viktiga aspekter som måste beaktas, eftersom trådlösa sensornätverkssystem ofta begränsas av bandbredd, hastighet och protokoll. Strömförbrukningen är dock den största begränsningen för nätverket och till och med en liten ökning i belastningen av kommunikationstrafiken kan orsaka betydande öknings i strömförbrukning och därmed systemets totala kostnader (Pang m.fl. 2015, 300). För att hålla strömförbrukningen låg, används t.ex. en realtidsklocka för tidssynkronisering utan att väcka processorn på huvudnodens moderkort och kommunikationen mellan sub- och huvudnoderna är på en strömsparande 2,45 GHz frekvens (Pang m.fl. 2015, 310).

Studien implementerade två användargränssnitt. För företagen finns ett gränssnitt med teknisk information, sensordata, analys- och rapporteringsverktyg samt hanteringsverktyg för företagets flotta, sensornätverket och användarna. Det andra gränssnittet är för konsumenten och baseras på 3D-bilder från hela distributionskedjan. Konsumenten kan följa produkternas färd genom distributionskedjan och granska historisk produktinformation och sensordata. Dessa användargränssnitt körs på en Microsoft Windows server med MySQL. För kommunikationen från huvudnoderna till servern används TCP paket och konfigurationskommandon till sensorerna med SMS (Pang m.fl. 2015, 311).

### **3.3.1.1 Resultat**

För att verifiera studiens koncept utfördes ett fältprov där sensornoder implementerades i en leverans av meloner från producenten i Brasilien till återförsäljaren i Sverige. Sensorerna mätte nivån för temperatur, fuktighet, syre och koldioxid med en timmes intervall under hela resan i 46 dygn. Även en accelerometer för att mäta lutning, vibration och stötar implementerades. Data sparades lokalt och överfördes till databasen via GSM-nätverket på begäran. Användaren kunde också upprätthålla kommunikation till sensornoderna för konfigurering eller underhåll.

Sensorerna alarmerade dessutom exceptionella mätningar och händelser via SMS och rapporterade tid- och platsinformation till databasen (Pang m.fl. 2015, 312). Ur grafer baserade på sensorernas data kan t.ex. avläsas att melonerna endast varit nerkyllda när de fraktats med fartyg. Lastbilstransporten i både Brasilien och på vägen från Nederländerna till Sverige var inte kyllda. Under fartygstansporten var mätningarna i överlag stabilare; inga märkbara stötar och temperaturen och syrekonzentrationsen hölls lägre, medan fuktigheten och koldioxiden var högre än normalt. När transporten fortsatte med lastbil var mätningarna igen mångsidigare beroende på dygnets temperaturskillnader, stötningar och lutningar vid lastning och koldioxid från trafikförhållanden. Speciellt när transporten lastades på fartyget i Brasilien, men också av fartyget i Nederländerna, har syre- och koldioxidnivåerna tydliga förändringar, antagligen av avgaser i hamnen (Pang m.fl. 2015, 313).

Pang m.fl. (2015, 314) föreslår, med insamlade data som bevis, att för att höja transportkvaliteten borde leverantörerna i distributionskedjan använda tätare förpackningar eller lastbilar för att minimera föroreningar och hålla frukten saftigare. Temperaturen under leveranser borde också stabiliseras till ca 10 °C med kyla lastbilar, speciellt i Brasilien där vägtransporten varit väldigt lång och varm, från producenten till hamnen. Lastning av produkterna borde göras försiktigare så att frukten inte skadas och går illa i förtid. Enligt Pang m.fl. (2015, 314) har användarna av systemet för första gången sett vad som händer under den långa resan. Användarna var nöjda och gav mycket positiv respons och poängterade att den exakta informationen är mycket värdefull för beslutsfattande och utvecklingen av distributionskedjan. Användarna gav också förbättringsförslag om systemet: de önskade vattentät hårdvara p.g.a. hög fuktighetsgrad, samt att nätverksförbindelsen endast använde GPRS för kommunikation utanför Sveriges gränser för att minimera roamingavgifter. Pang m.fl. (2015, 314) avslutar med att konstatera att prototypen var lyckad och bevisade konceptets genomförbarhet. För en globalt tillgänglig IoT-molntjänst måste dock internationella roamingavgifter reduceras. Roamingavgifterna kan ses som geografiska barriärer som borde rivas för att utnyttja globala IoT-lösningar så effektivt som möjligt.

### **3.3.2 Logistikhantering i tillverkande företag**

Shang-Liang Chen, Yun-Yao Chen och Chiang Hsu (2014) har undersökt hur företaget T Company kan utveckla och implementera ett moln- och IoT-baserat informationssystem för logistikhantering och föreslår en fyrskiktsmodell. Ramverkets fyra skikt är uppdelade i ett kommunikationsskikt, medelskikt, resursskikt och fysiskt skikt.

- Kommunikationsskiktet innehåller implementeringen av molntjänster i företagets standardfunktioner såsom anslutning och planering.
- Resursskiktet består av existerande resurser och tjänster och integrerar dem till olika molnverktyg, t.ex. lastinventering, för företaget som nås via kommunikationsskiktet.
- Medelskiktet ansvarar för användar-, uppgifts-, resurs- och säkerhetshantering och kan betraktas som ett interaktionsgränssnitt mellan användaren och resursskiktet.
- Fysiska skiktet ansvarar för datalagring och består av hård- och mjukvaruinfrastruktur, såsom datorer, nätverksutrustning, databaser och programvara (Chen, Chen & Hsu 2014, 6153-6154).

När kommunikationsskiktet får en begäran av användaren, som kan vara företagets personal eller en kumpan i distributionskedjan, att komma åt molnets tjänster skickas begäran vidare till medelskiktet för att kontrollera om användaren har rättigheter till tjänsten. Eftersom tjänsten ligger i molnet hanterar den begäran från olika plattformar och operativsystem. Kommunikationsskiktet tar emot, omvandlar och vidarebefordrar begäran i XML format. Efter medelskiktets auktorisationskontroll kommer användarens begäran till resursskiktet för att komma åt resurserna. Resursskiktet hämtar data från det fysiska skiktet och filtrerar och returnerar informationen till medelskiktet med en först in först ut metod för att sedan skickas till användaren via kommunikationsskiktet (Chen, Chen & Hsu 2014, 6154-6155).

T Company är ett tillverkande företag med eget lager. Lagrets inventarier har tidigare övervakats med fraktsedlar och streckkoder och emellertid försvunnit p.g.a. felaktigt eller ofullständigt fyllda fraktsedlar. Positionen och innehållet av pallarna har tidigare

endast litat på streckkoder fästa på varorna (Chen, Chen & Hsu 2014, 6150-6151). Denna studie antog IoT-teknik (RFID och GPS) för att förbättra övervakningen och lokaliseringen av pallarna snabbare och mer exakt både i företagets egna lager och under leveransen. Studien har jämfört två tekniker och kommit fram till att RFID-taggarna kräver mindre avläsningsintervall än 200 ms för att pålitligt spåra pallarna i lagret. Ju större läsintervallen var, desto fler fel uppstod i avläsningarna. Därmed antogs sensorteknik med Zigbee protokoll för spårning och övervakning. Orsaker var dess gränslösa dataöverföring och I/O integration samt högre avläsningsintervall (500 ms) (Chen, Chen & Hsu 2014, 6157-6158)



Figur 14 Taggar på pallarna och inventarier (Chen, Chen & Hsu 2014, 6151)

### 3.3.2.1 Utmaningar och problem

Under studiens framträdde olika utmaningar och problem. Första utmaningen var att välja vilken typ av molntjänst som passade företaget bäst. Det finns fyra huvudtyper av molntjänster, nämligen offentliga, privat eller en hybrid av dessa samt gemensamma med andra organisationer. Dessa är lämpliga för olika logistikföretag men för T Company valdes ett privatägt moln med tanke på konfidentiella affärshemligheter angående produktionen, fastän ett privat moln kan föra med sig underhållsproblem eftersom företaget själv sköter om och måste arrangera resurser för ändamålet. Det privata molnet måste också skyddas från hot och attacker eftersom kundinformation ofta innehåller sensitiva data. Förebyggande insatser mot hot och attacker är att använda avancerad säkerhetsprogramvara och kontroller för att skydda



tillgångarna, såsom åtkomstkontroll, intrångsdetektering, brandväggar, övervakning och automatisk generering av undantagsrapporter (Chen, Chen & Hsu 2014, 6159).

En av utmaningarna var att välja mellan fysisk eller virtuell serverinfrastruktur och dess kostnad. Studien konstaterar att oavsett om webbservrarna är fysiska eller virtuella, stiger den genomsnittliga svarstiden tillsammans med mängden inloggade användaren. Skillnaden på svarstiden var endast 0,002 sekunder. I studien kommer fram att virtuella webbserverns genomsnittliga användarmängd per ms är 925,07 medan fysiska serverns användarmängd är 451,93 per ms. Det konstateras att en molnleverantör som erbjuder en virtuell webbservertjänst för företag kan öka serverns effektivitet (Chen, Chen & Hsu 2014, 6158). Andra företag inom distributionskedjan har också möjlighet att ansluta till molnet via internet. Anslutningen kan göras med hjälp av webbtjänster, virtuella maskiner eller -program beroende på behovet och företagets förmåga att utveckla systemet (Chen, Chen & Hsu 2014, 6156).

I traditionella tillverkande företag saknar ofta personalen förmågan att anta ny teknik, såsom RFID och GPS (Chen, Chen & Hsu 2014, 6160). En förändring förbättrar oftast en redan befintlig, fungerande process och kan därför ses som onödig bland personalen som inte nödvändigtvis uppfattar de möjligheter förändringen kan medföra (Bowersox m.fl. 1999, 133). Detta kan väcka motstånd och att det uppstår en motivationsklyfta mellan personalen och ledningen, som kan leda till konflikter inom organisationen. För att motarbeta dessa bör ledningen ordna tillräcklig utbildning och informera om förändringsarbetet. Tillräcklig information ökar kunskapen om förändringen bland personalen och motivationen stiger så att båda parternas motivationsnivåer möts (Lindmark & Önnévik 2011, 252). Studien föreslår en omfattande utbildningskurs för den nya tekniken som tagits i bruk (Chen, Chen & Hsu 2014, 6160).

### **3.3.2.2 Resultat**

Studien föreslog en SaaS-molninfrastruktur som baserades på fyra skikt och IoT-teknik. Efter identifiering och utveckling av utmaningarna och problemen kan det konstateras att det är möjligt för företag att implementera molnbaserade informationssystem för logistikhantering på det föreslagna tillvägagångssättet. IoT-tekniken har underlättat och förkortat T Companys inventeringsprocesser med ca 20

% och lagerförlust minskat från 3 % till 0,3 %. Personalen var nöjda med systemet eftersom deras inventeringstid minskade. Systemet gav tillgång till realtidsinformation om produktionen för ledningen, vilket underlättade kostnadshantering och produktivitetsanalyser. Tack vare molntjänstens krossplattform kan fortfarande gamla system i T Company anslutas till molnet och användas vid behov.

## 4 DISKUSSION

Ur min tidigare avhandling från år 2016, där användningsgraden av informationssystem bland små- och medelstora företag i Finland undersöktes genom en kvantitativ studie, kan även observeras att användning av IoT-tekniker inte är standard i Finland bland små- och medelstora företag. Alla företag som svarade uppgav att det inte använde automatiserande tekniker i lagerhanteringen eftersom de ansåg att investeringen inte skapade något mervärde för företaget. Det måste dock tas i hänsyn att endast 22 företag svarade på enkäten.

Artiklarna som analyserats för denna avhandling är dels inne på samma spår som min tidigare undersökning. Flera forskare (bl.a. Papert & Plaum 2017, Bandyopadhyay & Sen 2011, Wang m.fl. 2009) hävdar att RFID-teknik erbjuder möjligheter att effektivisera distributionskedjans olika faser genom att t.ex. automatisera upprepande arbetsuppgifter eller förbättra informationsflödet mellan företagen. Michael & McCathie (2005) menar att tekniken även betydligt kunde minska på företagens lager- och personalkostnader, fastän Osyk & Vijayaraman (2005) rapporterar att RFID-teknikens största hinder för bredare användning de facto är de höga implementerings- och driftkostnaderna. Även Attaran (2012) rapporterade höga kostnader och brist på ROI tillsammans med saknat behov som de största utmaningarna. Undersökningen av Visich m.fl. (2009) konstaterar att fördelarna inte uppnås direkt vid implementeringsskedet och Pang m.fl. (2015) poängterar att de *ekonomiska* fördelarna kan vara svåra att identifiera. Visich m.fl. (2009) undersökte faktiska resultat som uppnåtts med RFID-teknik genom sekundära pilotstudier och verkliga implementeringar och konstaterade att tekniken främst tillämpas för att automatisera operativa processer såsom lager- och leveranshantering. Detta hade en reducerande effekt på personalkostnaderna och dessutom kunde informationen som genererades användas som beslutsunderlag för att förbättra resursanvändning, marknadsföring och försäljning. Företagen som undersöktes verkade inom logistikbranschen.

Det måste dock påminnas att RFID endast är en, trots märkvärdig, del av IoT-tekniken och att det även finns andra tekniker som kan tillämpas. Ogasawara och Yamasaki

(2006), Gras (2006) och Ruiz-Garcia, Lunadei, Barreiro och Robla (2009) presenterar RFID-taggar med inbyggda trådlösa sensorer för att inom livsmedelsindustrin säkerställa kylkedjor och ge konsumenten detaljerad information om produkten och distributionskedjans steg. Att integrera RFID-taggar med trådlösa sensorer är ett steg i rätt riktning (mot IoT), eftersom de olika teknikerna enligt Liu m.fl. (2010) kompletterar varandra. RFID-taggens främsta uppgift är att identifiera och spåra objekt medan sensorerna kan erbjuda information om objektet eller den omgivande miljön, fortsätter Liu m.fl. (2010). Enligt Pang m.fl. (2015) baserar sig SCM främst på spårning med RFID-tekniker och mer forskning krävs för att utvidga spårbarhetstänkande och implementeringarna till ett mer omfattande IoT-perspektiv. Verdouw m.fl. (2015) introducerar virtuell SCM, där data från taggar och sensorer delas i globala databaser, över internet. Genom att utnyttja IoT-enheternas data kan affärsprocesserna optimeras över hela distributionskedjan, istället för endast på lokal nivå. Verdouw m.fl. (2015) hävdar att utmaningar och krav om säkerhet och hållbarhet effektivare kan hanteras med virtuella distributionskedjor, eftersom övervakningen och (om)planeringen sker i realtid eller t.o.m. automatiskt. Hindret för bredare implementering, enligt Pang m.fl. (2015), är dock att spårbarhetssystem inte direkt bidrar till företagets ekonomiska resultat, och är därmed ointressanta för dem som inte kan identifiera fördelar med systemet. För att öka intresset för IoT-implementering, presenterar Pang m.fl. (2015) en värdecentrerad distributionskedja där värderingarna direkt bidrar till företagets ekonomiska utveckling: hållbarhetsprognoser, premiumförsäljning, precisionsproduktion och reducerade försäkringskostnader. Pang m.fl. (2015) poängterar att distributionskedjans intressenter har olika behov som inte går att tillfredsställa med en och samma lösning.

Det kan räknas som både en fördel och nackdel att IoT använder sig av redan befintliga internetstandarder för kommunikation och informationsöverföring. Fördelar med detta är bl.a. att barriären för att implementera systemet på en redan befintlig nätverksarkitektur är betydligt lägre än vid implementering av ett alldeles nytt system med egna standarder. Trots att IoT-teknikens spridning idag bromsas av de höga implementerings- och driftkostnaderna, skulle det vara avsevärt mycket dyrare att globalt implementera ett system som krävde ny arkitektur och teknologi. Nackdelen

med att använda befintliga standarder är dock att den nuvarande tekniken inte klarar av de enorma mängderna data: IP-adresserna, nätverksbandbredden och enhetstätheten samt lagringskapaciteten räcker inte till (Cisco Global Cloud Index, 2018; Mahmoud m.fl. 2015, 341; IDG 2019). Detta resulterar i att IoT även är mycket beroende av dessa teknikers utveckling. Ett problem eller försening i utvecklingen av någon av de stödjande teknikerna, försenar också indirekt utvecklingen och spridningen av IoT. Nya tekniker såsom 5G och *fog computing* samt utvecklingen av datacentrens kapacitet och resurser har med andra ord stor betydelse för genomförbarheten och implementeringsgraden av IoT. Med hjälp av 5G-tekniken, som möjliggör 100 gånger snabbare hastigheter, 1000 gånger högre volymer, 100 gånger mer anslutna enheter och 10 gånger lägre energiförbrukning jämfört med 4G, kommer IoT att kunna användas på det mest effektivaste sättet möjligt.

Studien begränsas av de artiklar som valts och kvalitetsskillnader bland dessa. Val av artiklar har påverkats av språk, sökord och att endast en sökmotor användes. Studien begränsas ytterligare av fallstudiernas kvalitet, noggrannhet och fåtalighet.

## 5 SLUTSATS

Syftet med denna avhandling har varit att undersöka IoT-teknikens inverkan på flödesekonomin och hur företag inom logistikbranschen kan förbättra distributionskedjans olika faser med hjälp av IoT.

Forskningsfrågorna var:

- Kan IoT-tekniken utveckla och effektivera flödesekonomin?
- Vilka möjligheter skapar IoT för flödesekonomin?
- Är tekniken redan i bruk idag?

I analysens ljus ser det ut som att IoT kan ha stora fördelar för flödesekonomin hos företag inom logistikbranschen genom teknikens automatiserande lösningar och datagenererande verktyg. IoT-tekniker, främst RFID, används redan idag, men har hittills sett, och kommer antagligen även i framtiden att se motgångar och utmaningar. Tekniken är mycket beroende av utvecklingen av andra tekniker och ämnesområden, eftersom dagens datainfrastruktur inte klarar av de massiva mängderna data som IoT-enheterna genererar. IoT sätter press på lagrings- och kommunikationsteknikerna och har redan nu röjt utrymme för alternativa tekniker, såsom *fog computing*. I och med lanseringen av 5G har IoT chans att tillämpas på ett effektivare sätt. Det behövs dock mer forskning, och speciellt praktiska fallstudier, för att tekniken ska implementeras och tillämpas på en global skala. De höga implementerings- och driftkostnaderna kan för närvarande räknas som barriärer för teknikens spridning men dessa kostnader kommer dock att minska i framtiden, i takt med att tekniken mognar och utvecklas. De största möjligheterna med IoT är fortfarande påkommande och tekniken kommer att spela en betydande roll i utvecklingen av Industri 4.0, den fjärde industriella revolutionen.

## KÄLLFÖRTECKNING

- Asok, A., Sivalingam, K. M., & Agrawal, P. (2010) Mobility in wireless sensor networks. In *Encyclopedia on Ad Hoc and Ubiquitous Computing: Theory and Design of Wireless Ad Hoc, Sensor, and Mesh Networks*, s. 281-302.
- Bandyopadhyay, D., & Sen, J. (2011). Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization. *Wireless Personal Communications*, 58(1), s. 49-69.
- Barcodes, inc. (2016) Choosing the Right RFID Technology. URL: <https://www.barcodesinc.com/info/buying-guides/rfid.htm> (Läst 19.3.2016)
- Bowersox, Donald J., Closs, David J. & Stank, Theodore P. (1999) *21st Century Logistics: Making Supply Chain Integration a Reality*. Council of Logistics Management.
- Botta, A., De Donato, W., Persico, V., & Pescapé, A. (2016) Integration of cloud computing and internet of things: a survey. *Future Generation Computer Systems*, 56, s. 684-700.
- Chiang, Mung & Zhang, Tao. (2016) Fog and IoT: An Overview of Research Opportunities. *Ieee Internet Of Things Journal*, Vol. 3, No. 6, December 2016, s. 854-864.
- Cisco Systems Inc. (2015) *Fog Computing and the Internet of Things: Extend the Cloud to Where the Things Are*. URL: [https://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/solutions/trends/iot/docs/computing-overview.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en_us/solutions/trends/iot/docs/computing-overview.pdf). (Läst: 8.12.2018)
- Cisco Systems Inc. (2018) *Cisco Global Cloud Index: Forecast and Methodology, 2016–2021 White Paper*. URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/global-cloud-index-gci/white-paper-c11-738085.html>. (Läst: 29.11.2018)
- Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG) (2011) *The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything*. URL: [https://www.cisco.com/c/dam/en\\_us/about/ac79/docs/innov/IoT\\_IBSG\\_0411FINAL.pdf](https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf) (Läst: 2.3.2019)
- Closs, David J., Goldsby, Thomas J. & Clinton, Steven R. (1997) Information technology influences on world class logistics capability. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 27 No. 1, s. 4-17.
- Compass (2018) *Cloud computing, IoT and Mobile*. URL: <https://www.compass.ie/cloud-lot-mobile/>. (Läst: 29.12.2018)

- Newman, Daniel (2018) *How IoT Will Impact The Supply Chain*. URL: <https://www.forbes.com/sites/danielnewman/2018/01/09/how-iot-will-impact-the-supply-chain/#78e33d3e37b1>. (Read: 29.9.2018)
- Daugherty, Paul, Banerjee, Prith, Negm, Walid & Alter, Allan E. (2015) Driving Unconventional Growth through the Industrial Internet of Things. *Accenture, High Performance Delivered*.
- Fredholm, Peter (2002) *Elektroniska Affärer*. Studentlitteratur.
- Gartner (2018) *Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018*. URL: [https://blogs.gartner.com/smarterwithgartner/files/2018/08/PR\\_490866\\_5\\_Trends\\_in\\_the\\_Emerging\\_Tech\\_Hype\\_Cycle\\_2018\\_Hype\\_Cycle.png](https://blogs.gartner.com/smarterwithgartner/files/2018/08/PR_490866_5_Trends_in_the_Emerging_Tech_Hype_Cycle_2018_Hype_Cycle.png). (Läst: 7.3.2018)
- Gubbi, Jayavardhana, Buyya, Rajkumar, Marusic, Slaven & Palaniswami, Marimuthu (2013) Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems* 29 (2013), s. 1645-1660.
- Hashem, I. A. T., Yaqoob, I., Anuar, N. B., Mokhtar, S., Gani, A., & Khan, S. U. (2015) The rise of “big data” on cloud computing: Review and open research issues. *Information systems*, 47, s. 98-115.
- Hilbert, M. (2013) *Big Data for Development: From Information- to Knowledge Societies*. URL: <http://ssrn.com/abstract=2205145>. (Läst: 29.12.2018)
- Hislop, Donald. (2005) *Knowledge Management in Organizations: A Critical Introduction*. Oxford University Press.
- Indu, S. D. (2014). Wireless sensor networks: Issues & challenges. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing (IJCSMC)*, Vol. 3, s. 681-685.
- IDG (2019) *5G - Connection Density — Massive IoT and So Much More*. URL: <https://www.cio.com/article/3235971/5g-connection-density-massive-iot-and-so-much-more.html>. (Läst: 10.3.2019)
- Ijaz, A., Zhang, L., Grau, M., Mohamed, A., Vural, S., Quddus, A. U., ... & Tafazolli, R. (2016) Enabling massive IoT in 5G and beyond systems: PHY radio frame design considerations. *IEEE Access*, 4, s. 3322-3339.
- ISO/IEC 18000-1:2008 (2008) *Information technology -- Radio frequency identification for item management -- Part 1: Reference architecture and definition of parameters to be standardized*. The International Organization for Standardization.
- ISO/IEC 29167-10:2015 (2015) *Information technology -- Automatic identification and data capture techniques -- Part 10: Crypto suite AES-128 security services*



- for air interface communications*. The International Organization for Standardization.
- Labrinidis, A., & Jagadish, H. V. (2012) Challenges and opportunities with big data. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 5(12), s. 2032-2033.
- Lindmark, Anders & Önnervik, Thomas (2011) *Human Resource Management, Organisationens hjärta*. Studentlitteratur AB, Lund.
- Liu, H., Bolic, M., Nayak, A., & Stojmenovi, I. (2010) Integration of RFID and wireless sensor networks. In *Encyclopedia on Ad Hoc and Ubiquitous Computing: Theory and Design of Wireless Ad Hoc, Sensor, and Mesh Networks*, s. 319-347.
- Madakam, S., Ramaswamy, R. & Tripathi, S. (2015) Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, 3, s. 164-173.
- Mahmoud, R., Yousuf, T., Aloul, F., & Zualkernan, I. (2015) Internet of things (IoT) security: Current status, challenges and prospective measures. *10th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST)* s. 336-341.
- Mell, Peter & Grance, Timothy (2011) The NIST Definition of Cloud Computing. *NIST Special Publication 800-145*, s. 1-3.
- Michael, Katina, & Luke McCathie (2005) The pros and cons of RFID in supply chain management. *Mobile Business, 2005. ICMB 2005. International Conference on*, s. 623-629.
- Moxa (2017) *Should You Consider Fog Computing for Your IIoT?*. URL: [https://www.moxa.com/newsletter/connection/2017/11/feat\\_02.htm](https://www.moxa.com/newsletter/connection/2017/11/feat_02.htm). (Läst: 29.11.2018)
- OpenFog Consortium (2018) *Welcome to the fog computing era*. URL: <https://www.openfogconsortium.org/>. (Läst: 8.12.2018)
- Papert, M., & Pflaum, A. (2017). Development of an ecosystem model for the realization of internet of things (IoT) services in supply chain management. *Electronic Markets*, 27(2), s. 175-189.
- Piccoli, Gabe. (2012) *Information systems for managers: texts and cases*. Wiley Publishing.
- Poole, Ian (2016) *RFID Standards*. URL: <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/radio-frequency-identification-rfid/iso-epcglobal-iec-standards.php> (Läst: 20.3.2016)

- Rainer, Kelly R., Turban, Efraim. & Potter, Richard E. (2007) *Introduction to Information Systems: Supporting and Transforming Business*. John Wiley & Sons.
- Rosengren, L. (2012) *4 frågor om Big Data*. URL: <https://cio.idg.se/2.1782/1.461976/4-fragor-om-big-data>. (Läst: 29.12.2018)
- Rouse, Margare (2017) *Cloud Bursting*. URL: <https://searchcloudcomputing.techtarget.com/definition/cloud-bursting>. (Läst: 15.12.2018)
- Rouse, Margaret (2018) *industrial internet of things (IIoT)*. URL: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Industrial-Internet-of-Things-IIoT>. (Läst: 1.12.2018)
- Säilä, Jessica (2013) *The essentials of ROI calculation in retail RFID*. URL: <http://www.rfidarena.com/2013/9/12/the-essentials-of-roi-calculation-in-retail-rfid.aspx>. (Läst: 19.3.2016)
- Torchia, Marcus & Shirer, Michael (2018) *IDC Forecasts Worldwide Technology Spending on the Internet of Things to Reach \$1.2 Trillion in 2022*. URL: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS43994118>. (Läst: 29.11.2018)
- van der Meulen, Rob (2017) *Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2017, Up 31 Percent From 2016*. URL: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-02-07-gartner-says-8-billion-connected-things-will-be-in-use-in-2017-up-31-percent-from-2016>. (Läst: 29.11.2018)
- Vieco, José I. (2013) *WSN Node and RFID tags in a pallet*. URL: [https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_San\\_Jose\\_Vieco/publication/261430560/figure/fig1/AS:564991784742913@1511715946690/WSN-Node-and-RFID-tags-in-a-pallet.png](https://www.researchgate.net/profile/Jose_San_Jose_Vieco/publication/261430560/figure/fig1/AS:564991784742913@1511715946690/WSN-Node-and-RFID-tags-in-a-pallet.png). (Läst: 9.1.2019)
- Wang, Zhongwei, Wang, Hongbo & Pang, Yan (2009) Integration of Logistics Information System and RFID Technology. *Information Technology and Computer Science, 2009. ITCS 2009. International Conference on*. Vol. 2, s. 138-141
- Watson, Thomas (2015) *Simple Cost Analysis for RFID Options – Choice Must Fit the Organization's Needs and Budget*. URL: <http://itak.iaitam.org/simple-cost-analysis-for-rfid-options-choice-must-fit-the-organizations-needs-and-budget/> (Läst: 19.3.2016)
- Chen, S. L., Chen, Y. Y., & Hsu, C. (2014). A new approach to integrate internet-of-things and software-as-a-service model for logistic systems: A case study. *Sensors*, 14(4), s. 6144-6164.

- Vijayaraman, B. S., Osyk, B. A. (2006) An empirical study of RFID implementation in the warehousing industry, *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 17(1), s.6-20.
- Visich, J. K., Li, S., Khumawala, B. M., Reyes, P. M. (2009) Empirical evidence of RFID impacts on supply chain performance, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 29 Issue: 12, s. 1290-1315.
- Attaran, M. (2012) Critical success factors and challenges of implementing RFID in supply chain management. *Journal of supply chain and operations management*, 10(1), s. 144-167.
- Gu, Y., & Jing, T. (2011) The IOT research in supply chain management of fresh agricultural products. *2nd International Conference on Artificial Intelligence, Management Science and Electronic Commerce (AIMSEC)* s. 7382-7385.
- Ogasawara, A., Yamasaki, K. (2006) A temperature-managed traceability system using RFID tags with embedded temperature sensors. *NEC Technical Journal* 1 (2), s. 82–86.
- Ruiz-Garcia, L., Lunadei, L., Barreiro, P., & Robla, I. (2009) A review of wireless sensor technologies and applications in agriculture and food industry: state of the art and current trends. *Sensors*, 9(6), s. 4728-4750.
- Gras, D. (2006, May). RFID based monitoring of the cold chain. *Proc. 2nd international Workshop Cold Chain Management*. s. 81-82.
- Ruiz-Garcia, L., & Lunadei, L. (2011) The role of RFID in agriculture: Applications, limitations and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 79(1), s. 42-50.
- Pang, Z., Chen, Q., Han, W., & Zheng, L. (2015) Value-centric design of the internet-of-things solution for food supply chain: Value creation, sensor portfolio and information fusion. *Information Systems Frontiers*, 17(2), s. 289-319.
- Choe, Y. C., Park, J., Chung, M., & Moon, J. (2009) Effect of the food traceability system for building trust: Price premium and buying behavior. *Information Systems Frontiers*, 11(2), s. 167-179.
- Trevarthen, A. (2007) The national livestock identification system: the importance of traceability in e-business. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research* 2 (1), s. 49–62.
- Munak, A. (2006) Preface. In: CIGR Handbook of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology. CIGR.
- Opasjumruskit, K., Thanthipwan, T., Sathusen, O., Sirinamarattana, P., Gadmanee, P., Pootarapan, E., Wongkomet, N., Thanachayanont, A., Thamsirianunt, M.

- (2006) Self-powered wireless temperature sensors exploit RFID technology. *Pervasive Computing, IEEE* 5 (1), s. 54–61.
- Kononoff, P.J., Lehman, H.A., Heinrichs, A.J. (2002) Technical note – a comparison of methods used to measure eating and ruminating activity in confined dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 85 (7), s. 1801–1803
- Schirmann, K., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., Veira, D.M., Heuwieser, W. (2009) Technical note: validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92 (12), s. 6052–6055.
- Hamrita, T.K., Hoffacker, E.C. (2005) Development of a “smart” wireless soil monitoring sensor prototype using RFID technology. *Applied Engineering in Agriculture* 21 (1), s. 139–143.
- Watts, A., Miller, P. (2002) Applications of RFID (radio frequency identification) in agriculture. *Pesticide Outlook* 13, s. 254–258.
- Peets, S., Gasparin, C.P., Blackburn, D.W.K., Godwin, R.J. (2009) RFID tags for identifying and verifying agrochemicals in food traceability systems. *Precision Agriculture* 10 (5), s. 382–394.
- Luvisi, A., Triolo, E., Rinaldelli, E., Bandinelli, R., Pagano, M., Gini, B. (2010) Radiofrequency applications in grapevine: from vineyard to web. *Computers and Electronics in Agriculture* 70 (1), s. 256–259.
- Chen, H., Jia, X., & Li, H. (2011) A brief introduction to IoT gateway. *IET International Conference on Communication Technology and Application (ICCTA 2011)*. s. 610-613.
- Schulz, P., Matthé, M., Klessig, H., Simsek, M., Fettweis, G., Ansari, J., ... & Puschmann, A. (2017) Latency critical IoT applications in 5G: Perspective on the design of radio interface and network architecture. *IEEE Communications Magazine*, 55(2), s. 70-78.
- Webster, J., & Watson, R. T. (2002) Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS quarterly*, s. xiii-xxiii.
- Verdouw, C. N., Wolfert, J., Beulens, A. J. M., & Rialland, A. (2016) Virtualization of food supply chains with the internet of things. *Journal of Food Engineering*, 176, s. 128-136.
- RFID-tabellerna (sekundära källor, ursprungligen använda av Visich m.fl. 2009)**
- Bacheldor, B. (2006) “Toshiba laptop plant raises productivity”, RFID Journal, November 13, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/2817/-/1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2817/-/1/1/) (läst November 14, 2006)

- Bacheldor, B. (2007) "RFID covers Durakon's assembly operations". *RFID Journal*, January 22, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/2987/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2987/-1/1/) (läst January 25, 2007)
- Blanchard, D. (2004) "RFID at the gates". *Logistics Today*, Vol. 1, s. 16.
- Burnell, J. (2005) "Real world RFID". *Realtime*, Vol. 8 No. 1, s. 26-9.
- Chain Store Age (2007a). "RFID reconciles CPG and retailer relationships". *Chain Store Age*, Vol. 83 No. 9, s. 6A.
- Chain Store Age (2007b). "Best Buy's best-cost, customer-centric supply chain". *Chain Store Age*, Vol. 83 No. 9, s. 4A.
- Chow, H.K.H., Choy, K.L., Lee, W.B. and Lau, K.C. (2006) "Design of a RFID case-based resource management system for warehouse operations". *Expert Systems with Applications*, Vol. 30 No. 4, s. 561-76.
- Collins, J. (2004a) "DOD updates RFID policy". *RFID Journal*, April 1, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/856/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/856/-1/1/) (läst July 13, 2004)
- Collins, J. (2004b) "Golf car maker scores with RFID", *RFID Journal*, March 22, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/839/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/839/-1/1/) (läst March 2, 2005)
- Collins, J. (2005) "Hampton Unlocks ROI from RFID", *RFID Journal*, April 11, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/1489/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1489/-1/1/) (läst November 2, 2005)
- Collins, J. (2006a) "RFID implementation is an art", *RFID Journal*, June 14, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/2427/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2427/-1/1/) (läst July 13, 2006)
- Collins, J. (2006b) "P&G finds RFID 'sweet spot'", *RFID Journal*, May 3, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/2312/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2312/-1/1/) (läst May 18, 2006)
- Collins, J. (2006c) "DOD quantifies payback from RFID". *RFID Journal*, May 3, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/2313/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2313/-1/1/) (läst May 18, 2006)
- Deffree, S. (2005) "Philips rolls out RFID in its semi supply chain". *Electronic News (North America)*, March 7.
- Gaudin, S. (2008) "Retailer looks to RFID to boost sales". *Computerworld*, Vol. 42 No. 17, s. 12.
- Hardgrave, B., Langford, S., Waller, M. and Miller, R. (2008b) "Measuring the impact of RFID on out of stocks at Wal-Mart". *MIS Quarterly Executive*, Vol. 7 No. 4, s. 181-92.

- Holmqvist, M. & Stefansson, G. (2006) “‘Smart Goods’ and mobile RFID: a case with innovation from Volvo”. *Journal of Business Logistics*, Vol. 27 No. 2, s. 251-72.
- Hudson, K. (2007) “Best buy foresees using RFID to track inventory”. *Wall Street Journal (Eastern edition)*, April 4, s. 4.
- Katz, J. (2006) “Reaching for ROI on RFID”. *Industry Week*, February, s. 29.
- O’Connor, M.C. (2006a) “Media providers entertain RFID’s potential”, RFID Journal, June 23, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/2450/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2450/-1/1/) (läst July 13, 2006)
- O’Connor, M.C. (2006b) “Staples Business Depot sees big benefits from RFID test”, RFID Journal, September 27, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/2684/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2684/-1/1/) (läst September 29, 2006)
- O’Connor, M.C. (2006c) “Clothing maker says RFID significantly improves production”. RFID Journal, August 21, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/2684/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2684/-1/1/) (läst August 23, 2006)
- O’Connor, M.C. (2007a) “Wal-Mart Canada making RFID progress”, RFID Journal, November 27, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/3766/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/3766/-1/1/) (läst November 30, 2007)
- O’Connor, M.C. (2007b) “Falabella plans second item-level RFID pilot”, RFID Journal, August 27, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/3585/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/3585/-1/1/) (läst September 4, 2007)
- O’Connor, M.C. (2007c) “Staples Business Depot sees positive results from active tag test”, RFID Journal, August 27, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/3695/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/3695/-1/1/) (läst October 26, 2007)
- O’Connor, M.C. (2007d) “Dollar Store sees dollar signs in RFID”. RFID Journal, November 29, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/3771/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/3771/-1/1/) (läst December 7, 2007)
- O’Connor, M.C. (2007f) “Western Digital uses RFID seals to streamline customs”, RFID Journal, April 20, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/3767/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/3767/-1/1/) (läst May 16, 2007)
- O’Connor, M.C. (2007g) “Lemmi fashion changes frequency”, RFID Journal, August 21, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/3571/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/3571/-1/1/) (läst August 24, 2007)
- O’Connor, M.C. (2008a) “Sock-maker running faster with RFID directed production”. RFID Journal, June 6, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/4119/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/4119/-1/1/) (läst June 11, 2008)

- O'Connor, M.C. (2008b) "RiteCare says RFID helps cure its warehouse woes", RFID Journal, December 9, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/4503/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/4503/-1/1/) (läst December 10, 2008)
- O'Connor, M.C. (2008c) "American Apparel expands RFID to additional stores", RFID Journal, December 12, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/4510/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/4510/-1/1/) (läst January 7, 2009)
- RFID Journal (2002) "Part 5: Warehousing efficiencies", RFID Journal, October 14, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/200/-1/5/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/200/-1/5/) (läst October 19, 2005)
- RFID Journal (2003) "RFID speeds P&G plant throughput", RFID Journal, February 3, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/291/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/291/-1/1/) (läst March 2, 2005)
- Roberti, M. (2005) "The serendipity effect", RFID Journal, October 31, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/1960/-1/128/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1960/-1/128/) (läst November 2, 2005)
- Roberti, M. (2006) "P&G adopts EPC advantaged strategy", RFID Journal, January 24, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/2103/-1/128/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2103/-1/128/) (läst February 2, 2006)
- Roberti, M. (2007) "RFID heats up in Latin America", RFID Journal, May 28, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/3344/-1/2/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/3344/-1/2/) (läst June 11, 2007)
- Roberti, M. (2008) "HP optimizes RFID system at printer plant", RFID Journal, October 28, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/4204/-1/2/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/4204/-1/2/) (läst October 31, 2008)
- Schor, M. (2006) "What drives supply chain innovation?". *World Trade*, Vol. 19 No. 12, s. 70-2.
- Shister, N. (2005) "RFID: Taking stock of the Wal-Mart Pilot". *World Trade*, Vol. 18 No. 8, s. 38-42.
- Sullivan, L. (2005b) "Wal-Mart brings the RFID proof", *Information Week*, October 17, s. 22.
- Swedberg, C. (2007b) "Wal-Mart embraces RFID's green potential", RFID Journal, May 1, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/3284/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/3284/-1/1/) (läst October 29, 2007)
- Swedberg, C. (2007c) "Hong Kong shoppers use RFID-enabled mirror to see what they want", RFID Journal, September 4, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/3284/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/3284/-1/1/) (läst September 14, 2007)
- Swedberg, C. (2007d) "Daisy Brand deems RFID a success", RFID Journal, January 10, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/2958/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/2958/-1/1/) (läst January 12, 2007)

- Swedberg, C. (2007e) "Throttleman adopts item-level tagging". RFID Journal, August 24, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/3580/-1/1](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/3580/-1/1) (läst August 25, 2007)
- Swedberg, C. (2007f) "Schuitema ponders future of fresh-chain pilot", RFID Journal, December 10, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/3793/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/3793/-1/1/) (läst December 14, 2007)
- Tierney, S. (2004) "Towards a new supply chain future", *Supply Chain Europe*, Vol. 13 No. 8, s. 56.
- Violino, B. (2005) "Motorcycle maker powers up with RFID". RFID Journal, October 10, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/3107/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/3107/-1/1/) (läst March 7, 2007)
- Webster, J.S. and Wal-Mart's, R.F.I.D. (2008) "revolution a tough sell", *Network World*, Vol. 25 No. 36, s. 34-36.
- Wessel, R. (2007) "Anticipating ROI, Rewe expands its RFID deployment", RFID Journal, March 1, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/1905/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1905/-1/1/) (läst October 17, 2007)
- Wessel, R. (2008a) "Italian retail pilot quantifies RFID's many benefits", RFID Journal, October 27, URL: [www.rfidjournal.com/article/articleprint/4418/-1/1/](http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/4418/-1/1/) (läst October 31, 2008)
- Wilding, R. and Delgado, T. (2004a) "RFID demystified: supply-chain applications". *Logistics and Transport Focus*, May, s. 42-8.
- Wilding, R. and Delgado, T. (2004b) "RFID demystified: company case studies". *Logistics and Transport Focus*, June, s. 32-42.



